

BOLETIN
DEL
INSTITUTO
GEOLOGICO
DE ESPAÑA

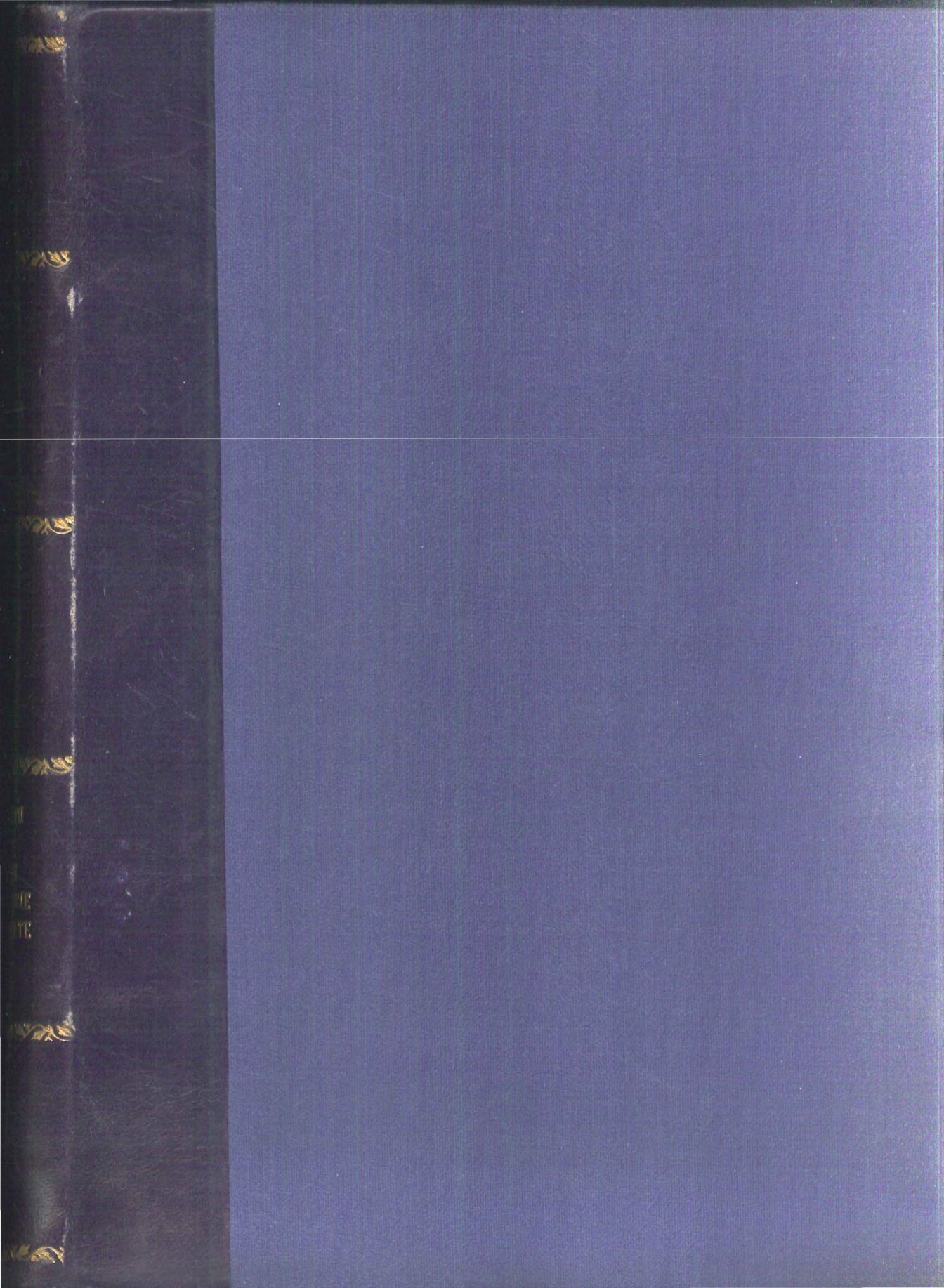
TOMO XLVII

TOMO VII

TERCERA SERIE

PRIMERA PARTE

1926







BOLETÍN
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

BOLETÍN
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO
DE
ESPAÑA

TOMO XLVII

TOMO VII

TERCERA SERIE

PRIMERA PARTE

(1926)

MADRID
GRÁFICAS REUNIDAS, S. A.
CALLE DEL BARQUILLO, 8
1926



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

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

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

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

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

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

(Decreto de 28 de junio de 1910.)

PERSONAL DE LA COMISIÓN PERMANENTE
DEL INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

<i>Director interino...</i>	Sr. D. Vicente Kindelán.
<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 Gorostízaga.
—	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
AGREGADOS A ESTE INSTITUTO

<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>	

XIV CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL

MADRID, 1926

CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL

XIV^a Sesión

MADRID, 1926

MEMORIA

ACERCA DEL MISMO

POR

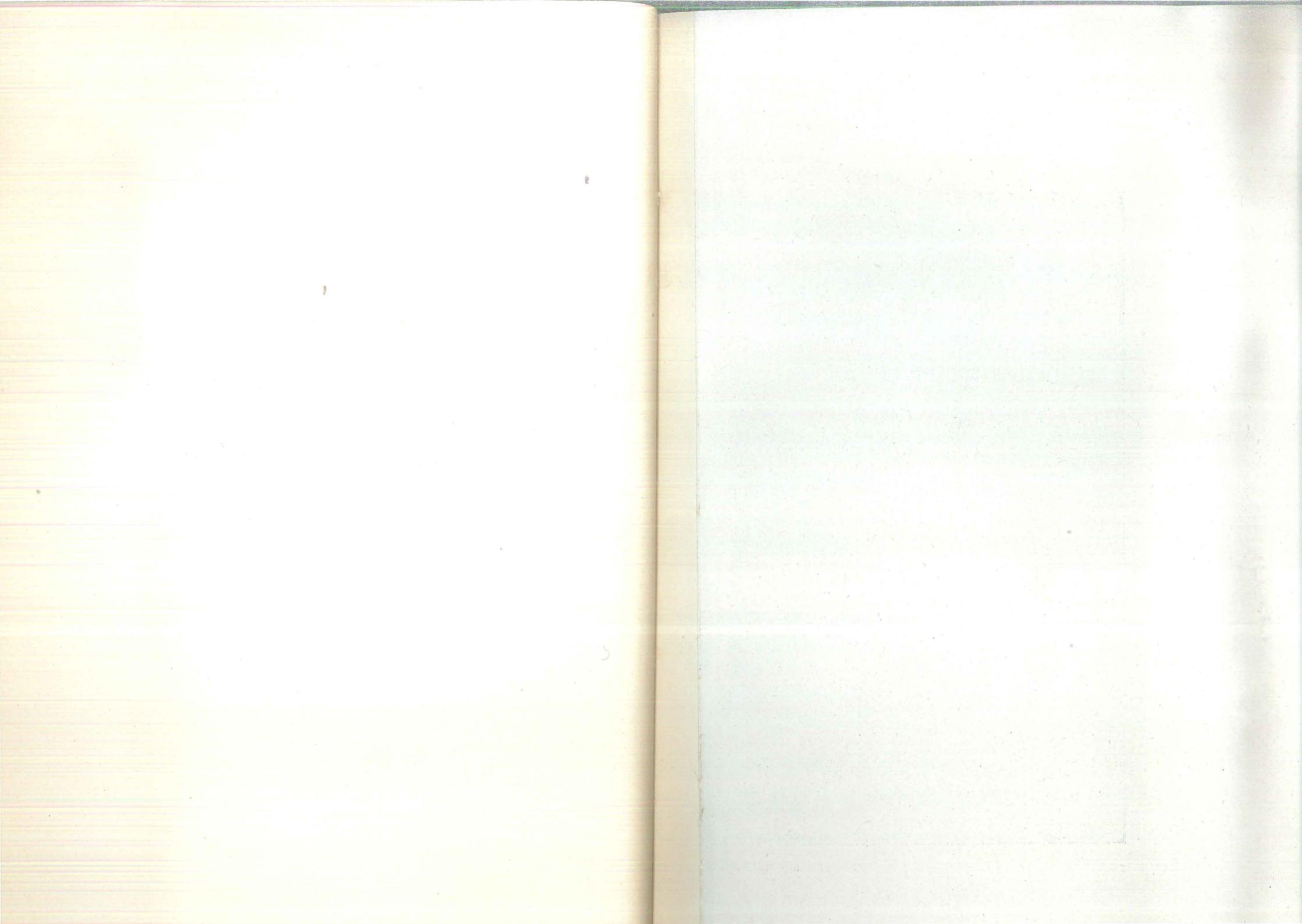
D. ENRIQUE DUPUY DE LÔME

SECRETARIO GENERAL

DEL

XIV CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL

INTRODUCCIÓN





Sesión inaugural bajo la presidencia de S. M. el Rey.

INTRODUCCIÓN

El décimocuarto Congreso Geológico Internacional se ha celebrado en Madrid en los meses de mayo y junio de 1926. Dada la importancia extraordinaria que ha tenido esta reunión de geología en nuestra Patria y el interés que para el conocimiento del suelo español representan muchos de los asuntos tratados en él, hemos creído conveniente publicar, con la mayor premura posible, los trabajos que más directamente atañen a nuestro país.

Comenzaremos por una breve reseña histórica del Congreso, con la lista de sus antiguos Presidentes y una recapitulación esquemática de las anteriores sesiones.

En el capítulo II indicaremos la organización que ha tenido el Congreso de Madrid, las diferentes circulares y programas que hemos repartido por el mundo entero, así como las publicaciones preparadas para el Congreso.

En el capítulo III insertaremos la lista de Congresistas, la de Delegados y, siquiera sea sucintamente, publicaremos el resumen de los trabajos efectuados durante las sesiones, así como los actos oficiales que han tenido lugar durante el mismo.

En el capítulo IV señalaremos las excursiones anejas al Congreso, con una pequeña crónica de las visitas geológicas y artísticas efectuadas durante las mismas.

Por último, en el capítulo V publicaremos algunas de las Memorias más importantes y que interesan más de cerca a la geología de España de las que se han leído en las Secciones del Congreso.

CAPÍTULO PRIMERO

Reseña histórica.

ANTECEDENTES

El primer Congreso Geológico Internacional tuvo lugar en París, al mismo tiempo que una Exposición universal, en el año 1878, siendo, por tanto, el Congreso Geológico Internacional la reunión científica internacional más antigua, aproximándose, al llegar al Congreso de Madrid, al medio siglo de existencia.

Desde 1878 se ha reunido el Congreso Geológico cada tres o cuatro años, excepto durante la guerra europea, que por corresponder su celebración precisamente en Bélgica, se suspendieron las sesiones desde 1913 hasta 1922, en que tuvo lugar el Congreso de Bruselas, pero sin que tomaran parte en el mismo las naciones que habían estado en guerra con Bélgica.

En el cuadro siguiente están indicadas las sesiones celebradas hasta el día, año y lugar de la reunión, número de países representados, el de miembros inscriptos y presentes en cada Congreso, así como entidades que han enviado delegaciones.

Estas cifras demuestran la importancia, cada vez mayor, que ha tenido esta reunión científica internacional, pues todo el mundo ya reconoce que el perfecto conocimiento del suelo y subsuelo de una nación son condiciones indispensables para el desarrollo de sus riquezas y poderío.

Sesiones celebradas

SESIÓN	AÑO	PAÍS	LUGAR	PAÍSES represe- tados	MIEMBROS		DELEGA- CIONES
					Inscrip- tos	Presen- tes	
1. ^a	1878	Francia.....	París.....	23	310	7	
2. ^a	1881	Italia.....	Bolonia.....	22	420	224	15
3. ^a	1885	Alemania.....	Berlín.....	22	455	262	13
4. ^a	1888	Inglaterra.....	Londres.....	25	830	422	37
5. ^a	1891	Estados Unidos.....	Washington.....	26	546	251	30
6. ^a	1894	Suiza.....	Zurich.....	20	401	273	14
7. ^a	1897	Rusia.....	San Petersburgo.....	27	1.037	704	121
8. ^a	1900	Francia.....	París.....	30	1.016	461	61
9. ^a	1903	Austria.....	Viena.....	31	664	393	42
10. ^a	1906	Méjico.....	Méjico.....	34	707	321	52
11. ^a	1910	Suecia.....	Estocolmo.....	36	879	625	175
12. ^a	1913	Canadá.....	Toronto.....	49	981	467	362
13. ^a	1922	Bélgica.....	Bruselas.....	38	518	321	123
14. ^a	1926	España.....	Madrid.....	52	1.123	722	277

Por el detalle anterior vemos que el Congreso de Madrid ha sido el más numeroso, tanto por las naciones representadas como por los Congresistas inscriptos y presentes.

El objeto del Congreso Geológico es favorecer el desarrollo de los conocimientos relativos a la tierra, tanto desde el punto de vista de la geología pura como de las ciencias de aplicación a las industrias y artes y, muy especialmente, a la minería, por medio de la cooperación de los geólogos más distinguidos de todos los países.

Para llegar a este fin se reúnen las Asambleas y Secciones, se nombran Comisiones internacionales, se publican Guías geológicas y Monografías, y se efectúan excursiones geológicas y mineras en el país donde se verifica la reunión del Congreso.

La importancia de estas excursiones se ha ido desarrollando más y más en cada Congreso, y se ha procurado en todos ellos dar las mayores facilidades a los Congresistas para que puedan,

con un gasto reducido y bajo la dirección de guías competentes, estudiar la estructura geológica del suelo y conocer las riquezas minerales del país. En los libros guías de las excursiones, no sólo se relata todo lo que deben visitar los excursionistas, sino se da una idea general de la geología de la nación donde se celebra el Congreso.

Entre una y otra sesión, la Asamblea está regida por la Mesa del Congreso, formada por el Presidente y Secretario general del último celebrado, quienes entregan sus poderes al llegar la nueva reunión del Congreso y dan cuenta de la marcha de los trabajos encaminados a desarrollar las resoluciones adoptadas en el último.

A continuación publicamos la lista de los Presidentes que ha tenido el Congreso Geológico Internacional:

Presidentes:

E. Hebert.....	1878	A. Gaudry.....	1900
G. Capellini....	1881	E. Tietze.....	1903
E. Beyrich.....	1885	J. C. Aguilera..	1906
J. Prestwich....	1888	G. de Geer....	1910
J. S. Newberry.	1891	F. Adams.....	1913
E. Renevier....	1894	S. Lébacqz....	1922
A. Karpinsky...	1897	C. Rubio.....	1926

CAPÍTULO II

Organización del XIV Congreso.

ORGANIZACIÓN DEL XIV CONGRESO

Ha sido ferviente deseo, expresado hace muchos años por los geólogos españoles, reunir en nuestra patria el Congreso Internacional de Geología, y ya en el Congreso de Estocolmo, en 1910, hizo la Delegación oficial española una invitación en este sentido.

Durante el Congreso de Canadá, en 1913, la Delegación española leyó, en la cuarta sesión del Consejo, la siguiente declaración:

«Señor Presidente del XII Congreso Geológico Internacional:

»La representación de España en el XII Congreso Geológico Internacional tiene el honor de recordar que en el Congreso reunido en Estocolmo, nuestro país hizo la invitación de celebrar en Madrid el Congreso siguiente al de Bruselas.

»En representación de España renovamos su invitación y rogamos al Consejo haga el honor a nuestra patria, de tomarla en cuenta en sus deliberaciones.

»Recibid, Sr. Presidente, nuestros saludos más distinguidos.

(Firmado)

Agustín Marín.

E. Dupuy de Lôme.»

En la sesión de Bruselas, el Sr. Rubio, Delegado de España, hizo la siguiente invitación:

«Sr. Presidente del Consejo del XIII Congreso Geológico
Internacional:

»El que suscribe, Director del Instituto Geológico de España, y como Delegado de su Nación, tiene el honor de confirmar, en nombre del Gobierno de S. M. el Rey de España, la invitación hecha al Comité del XIII Congreso Geológico Internacional, en fecha del 24 de febrero último, para que el próximo Congreso se celebre en Madrid, en 1925.

»Ruega al Consejo quiera darle la tramitación conveniente.
»Bruselas, 11 de agosto de 1922.

(Firmado)

César Rubio.»

Acompañaba a esta invitación una lista de las principales excursiones geológicas y mineras que podrían celebrarse con motivo del Congreso en la Península, Zona del Protectorado en Marruecos, Canarias y Baleares.

Esta invitación fué aprobada con gran entusiasmo en el Consejo del 16 de agosto y Asamblea del mismo día, recibiendo España el honroso encargo de organizar el XIV Congreso Geológico Internacional que había de celebrarse en Madrid.

JUNTA ORGANIZADORA

El Excmo. Sr. Ministro de Fomento nombró, en 1923, la siguiente Junta organizadora del XIV Congreso Geológico.

Presidente:

C. RUBIO, Presidente del Consejo de Minería, Director del Instituto Geológico, Inspector general de Minas.

Secretario general:

E. DUPUY DE LÔME, Miembro del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas.

Vocales:

Sres. F. AZPEITIA, Inspector general de Minas, Miembro de la Academia de Ciencias.

L. CUBILLO, Director del Instituto Geográfico, Ingeniero de Minas, Ingeniero Geógrafo.

P. FÁBREGAS, Profesor de Geología en la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

M. FAURA, Doctor en Ciencias Naturales, Director del Mapa Geológico de Cataluña.

L. FERNÁNDEZ NAVARRO, Catedrático de Mineralogía y Cristalografía de la Universidad Central, de Madrid, Miembro de la Academia de Ciencias.

E. HERNÁNDEZ-PACHECO, Catedrático de Geología de la Universidad Central, de Madrid, Miembro de la Academia de Ciencias.

A. MARÍN HERVÁS, ex Director general, ex Diputado a Cortes, Ingeniero de Minas.

D. ORUETA, Inspector general de Minas, Miembro de la Academia de Ciencias, Ingeniero de Minas.

J. RUIZ VALIENTE, Director general de Minas, Ingeniero de Minas.

MARQUÉS DE LA VEGA INCLÁN, Comisario Regio de Turismo.

Durante la preparación del Congreso la Junta organizadora tuvo dos bajas, sumamente sensibles, por fallecimiento del ilustre Ingeniero de Minas Ilmo. Sr. D. L. Cubillo, Director del Instituto Geográfico, y del Excmo. Sr. D. Domingo de Orueta, que en la fecha de su fallecimiento era Director del Instituto Geológico de España.

El Vocal Sr. D. Florentino Azpeitia dimitió su cargo por motivos de salud, siendo nombrado en su lugar el Excelen-

tísimo Sr. D. Lorenzo Alonso Martínez, Inspector general de Minas, ex Diputado a Cortes, ex Director general.

En el año 1926 se reorganizó la Junta organizadora, nombrándose los siguientes nuevos Vocales:

Sres. J. DE ELOLA, Director del Instituto Geográfico y Catastral, General de Estado Mayor.

E. GULLÓN, Inspector general de Minas, Director de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, Senador del Reino.

V. INGLADA ORS, Teniente Coronel, Ingeniero Geógrafo, Profesor de la Escuela Superior de Guerra.

V. KINDELÁN, Ingeniero Jefe de Minas, Director interino del Instituto Geológico.

La Junta organizadora comenzó en el año 1923 sus trabajos, y en 1 de mayo de 1924 envió la siguiente comunicación a los Directores de organizaciones geológicas y geólogos conocidos del mundo entero:

«1 de mayo de 1924.

»Muy distinguido señor y colega:

»La Junta organizadora de la XIV^a Sesión del Congreso Geológico Internacional, por causa de dificultades de índole diversa, no pudo terminar todos los preparativos necesarios para celebrar la reunión del Congreso tal como ha sido proyectada, dando las mayores facilidades a los Congresistas para su asistencia, en la fecha fijada de la primavera de 1925.

»La Junta también ha tenido muy en cuenta que muchos Congresistas y Delegados hubieran querido asistir al Congreso de Geografía de El Cairo, que se celebrará precisamente en la primavera de 1925, y, en su consecuencia, juzga preferible no celebrar las dos reuniones al mismo tiempo.

»En vista de las razones expuestas, la Junta organizadora ha propuesto al Gobierno de S. M. retrasar la celebración del Congreso Geológico, y, por tanto, tengo el honor de participar a usted que nuestro Gobierno ha decretado celebrar la XIV^a Sesión del Congreso Geológico Internacional en Madrid, en la primavera de 1926.

»Con este motivo me ofrezco de usted atento s. s.,

q. s. m. b.,

El Presidente de la Junta organizadora
del XIV Congreso Geológico,

(Firmado)

César Rubio.»

Con posterioridad se repartieron profusamente las tres circulares siguientes, editadas en castellano, francés, inglés y alemán:

CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL

XIV^a SESIÓN.—MADRID, 1926

Secretaría general:

Instituto Geológico de España.—Plaza de los Mostenses, 2.—Madrid.

Primera circular

El Congreso Geológico Internacional, en su XIII^a Sesión, celebrada en 1922 en Bruselas, aceptó la invitación del Gobierno español de celebrar en España su próxima reunión, que tendrá lugar en mayo y junio de 1926.

La Junta organizadora tiene el honor de comunicar a ustedes los acuerdos que ha tomado en vista de esta XIV^a Sesión.

Inscripciones

Conforme a la tradición, no se exigirá ningún título profesional a los que deseen inscribirse. Sin embargo, en las excursiones que se organizarán antes y después de la Sesión, participarán preferentemente los Congresistas Geólogos, Geógrafos, Ingenieros de Minas o personas dedicadas especialmente al estudio o aplicación de una rama cualquiera de la Geología.

Sesión

La Sesión se celebrará en Madrid, y en la segunda circular indicaremos la fecha en que se reunirá el Congreso y comenzarán las distintas excursiones.

Temas

Según se practicó en las Sesiones precedentes, se presentarán al orden del día cierto número de temas, conforme indica esta lista provisional:

- 1.^o *Las reservas mundiales de fosfatos y piritas.*
- 2.^o *Geología del Mediterráneo.*
- 3.^o *La fauna cambriana y siluriana.*
- 4.^o *La geología de África y sus relaciones con la de Europa.*
- 5.^o *Los vertebrados terciarios.*
- 6.^o *Los pliegues hercianos.*
- 7.^o *Los foraminíferos del terciario.*
- 8.^o *Las teorías modernas de metalogenia.*
- 9.^o *El vulcanismo.*
10. *Estudios geofísicos:*
 - a) *Su aplicación a la Geología.*
 - b) *Necesidad de unificar los métodos gravimétricos.*

La Junta organizadora recibirá con gran satisfacción desde ahora toda promesa de colaboración en uno u otro de estos temas o cuestiones análogas para poder insertarla en la segunda circular.

Proposiciones

Cualquier proposición acerca de los trabajos de la Sesión o la actividad futura del Congreso, se debe comunicar sin pérdida de tiempo a la Junta organizadora.

Colaboración

Estimamos conveniente fijar desde luego algunas bases para la redacción de los trabajos destinados al Congreso:

1.^a Las comunicaciones y Memorias pueden ir redactadas en francés, inglés, alemán o español.

2.^a La Junta organizadora no se encarga de las traducciones.

3.^a Se ruega a los autores que envíen un resumen que no exceda de una plana de texto impreso.

4.^a Memorias y proposiciones se transmitirán a la Secretaría general, escritas a máquina y en ejemplar doble. Como nos siempre podrán someterse a los autores las pruebas de imprenta, será preciso revisar en todos sus detalles, tales como puntuación, empleo de letras mayúsculas, itálicas, etc., las copias mecanográficas antes de su envío.

5.^a La aceptación de un trabajo no compromete su impresión.

EXCURSIONES

La lista general de las excursiones que se verificarán se indica abajo. Siendo generalmente limitados el número de participantes, se ruega a las personas que deseen tomar parte en las excursiones lo notifiquen cuanto antes a la Secretaría.

A. — Excusiones antes de la Sesión

1. Estrecho de Gibraltar. — Sevilla, Algeciras, Norte de Marruecos, bajo la dirección de los señores MARÍN, DEL VALLE Y GAVALA.....	10 días
2. Excursión petrográfica al Cabo de Gata y la Serranía de Ronda, bajo la dirección de los señores ORUETA Y RUBIO (E.).....	11 —
3. Los yacimientos metalíferos de Linares y Huelva, bajo la dirección de los Sres. RUBIO (C.), HEREZA Y ALVARADO.....	9 —

4. Estudio tectónico del Valle del Guadalquivir, bajo la dirección de los Sres. HERNÁNDEZ-PACHECO, CARBONELL Y Novo.....	6 días	
5. Excursión a las Sierras Béticas, Córdoba, Granada, Sierra Nevada, bajo la dirección de los señores CARBONELL, Novo, CARANDELL Y GÓMEZ LLUECA.	10 —	
		10 días

B.—Excusiones durante la Sesión

1. Visita a las minas de Almadén, bajo la dirección del Sr. HERNÁNDEZ SAMPELAYO.....	2 días	
2. La Sierra del Guadarrama, bajo la dirección de los Sres. OBERMAIER Y CARANDELL.....	1 —	
3. Aranjuez. — El terciario continental y la estepa de Castilla, bajo la dirección de los Sres. HERNÁNDEZ-PACHECO (E.) Y HERNÁNDEZ-PACHECO (F.).	1 —	

Se organizarán excusiones artísticas a Toledo y al Escorial.

C.—Excusiones después de la Sesión

1. Excursión a la cuenca hullera de Asturias y sus terrenos paleozoicos bajo la dirección de los señores SANCHO, RUIZ FALCÓ, SAMPELAYO Y PATA..	6 días	
2. Los yacimientos de hierro de Bilbao, bajo la dirección de los Sres. SAMPELAYO Y ROTAECHE....	3 —	
3. Excursión a la cuenca potásica de Cataluña y al Pirineo Central, bajo la dirección de los señores FAURA Y MARÍN.....	10 —	
4. Excursión a la cuenca potásica de Cataluña y al Pirineo Oriental, bajo la dirección de los señores SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, BATALLER Y LARRAGÁN.....	9 —	

5. Excursión a las Islas Baleares, bajo la dirección de los Sres. DARDER Y CINCÚNEGUI, con la cooperación del Sr. FALLOT.....	10 días
6. Excursión a las Islas Canarias, bajo la dirección de los Sres. FERNÁNDEZ NAVARRO, FERNÁNDEZ AGUILAR Y MENDIZÁBAL.....	13 —

(Se fijará más adelante la fecha de esta sexta excursión, según los transatlánticos en que se viaje más cómodamente.)

Libro guía

Una guía para todas estas excusiones está ya en preparación.

Gastos

Todas las indicaciones acerca de este particular se encontrarán en la segunda circular, que se distribuirá próximamente.

CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL

XIV^a SESIÓN.—MADRID, 1926

Secretaría:

Instituto Geológico de España.—Plaza de los Mostenses, 2.- Madrid (España)

Señas telegráficas: "GEOCON"—Madrid

Segunda circular

Presidencia honoraria

Su Majestad el Rey de España, Don Alfonso XIII, se ha dignado aceptar la Presidencia honoraria de la XIV^a Sesión del Congreso Geológico Internacional.

REGLAS GENERALES

Sesiones

La reunión del Congreso tendrá lugar el lunes 24 de mayo y durará hasta el lunes 31.

Habrá sesión oficial de apertura del Congreso, días de Asamblea, reunión de Secciones, visitas a los Museos, monumentos, colecciones y excursiones científicas y artísticas.

Inscripciones

Conforme a la tradición, no se exigirá ningún título profesional a los que deseen inscribirse. Sin embargo, en las excur-

siones participarán preferentemente los Delegados oficiales de las naciones, Geólogos, Geógrafos, Ingenieros de Minas o personas dedicadas especialmente al estudio o aplicación de una rama cualquiera de la Geología.

La cuota de inscripción será de 30 pesetas, y dará derecho para asistir a las sesiones y actos oficiales, inscribirse en las excursiones y recibir gratuitamente la Memoria del Congreso.

Libros guías

En la tercera circular fijaremos las condiciones de venta de la serie completa de libros guías. A los que participen en una excursión se les dará gratuitamente la guía correspondiente a ella.

Reservas mundiales de fosfatos y piritas

La monografía sobre las reservas mundiales de fosfatos y piritas se editará en forma análoga a las publicaciones similares en Congresos anteriores. En la Memoria del Congreso no figurará más que la discusión respecto a este tema.

Colaboración

Estimamos conveniente fijar algunas bases para la redacción de los trabajos destinados al Congreso.

1. Las comunicaciones y Memorias pueden ir redactadas en francés, inglés, alemán o español.

2. La Junta organizadora no se encarga de las traducciones.

3. Se ruega a los autores que envíen antes del 1 de abril de 1926 un resumen que no exceda de una plana de texto impreso.

4. Memorias y proposiciones se transmitirán a la Secretaría general escritas a máquina y en ejemplar doble. Como no siempre podrán someterse a los autores las pruebas de imprenta, será preciso revisar las copias mecanográficas en todos sus detalles, tales como puntuación, empleo de letras mayúsculas, itálicas, etc.

5. La aceptación de un trabajo no compromete su impresión.

6. Los títulos de las comunicaciones y proposiciones deben presentarse al Secretario general lo más pronto posible.

7. Los autores deben manifestar si sus trabajos estarán ilustrados con proyecciones, mapas, presentación de ejemplos, etc.

8. El tiempo de exposición de cada asunto estará limitado a veinte minutos, salvo acuerdo contrario de la Mesa.

Temas de discusión

Los siguientes temas principales serán objeto de discusión:

1. *Las reservas mundiales de fosfatos y piritas.*

En vista del grandísimo valor que tienen las Monografías respecto a las reservas de hierro y carbón, redactadas en los Congresos de Estocolmo y Toronto, la Junta organizadora de la XIV reunión acordó el efectuar labor análoga con los yacimientos de fosfatos y piritas, minerales de enorme importancia agronómica.

Con este objeto nos hemos dirigido pidiendo la colaboración de los servicios geológicos, mineros, etc., de todos los países. Las respuestas han sido tan favorables, que esperamos reunir importantísimo número de informes y datos estadísticos, que presentaremos a la discusión en el Congreso.

2. *Geología del Mediterráneo.*

3. *La fauna cambriana y siluriana.*

4. *La geología de África y sus relaciones con la de Europa.*

5. *Los vertebrados terciarios.*

6. *Los pliegues hercianos.*

7. *Los foraminíferos del terciario.*

8. *Las teorías modernas de metalogenia.*

9. *El vulcanismo.*

10. *Estudios geofísicos:*

a) *Su aplicación a la Geología.*

b) *Necesidad de unificar los métodos gravimétricos.*

11. *Varios.*

A pesar del tiempo que aun falta para la celebración del Congreso, tenemos anunciados ya la presentación de gran número de temas muy interesantes debidos a:

Glinz, Steinmann (Alemania).

Petráschek (Austria).

Carbonell, Casa Chaves, Ferrando Mas, Gómez Llueca, Royo Gómez y Vázquez Aroca (España).

Quirke (Estados Unidos N.-A.).

Joleaud (Francia).

Russo (Marruecos).

Fleury (Portugal).

Szádeczky (Rumania).

Mouchkétoff (Rusia).

Etcétera, etc.

EXCURSIONES

Únicamente podrán tomar parte en las excursiones los miembros del Congreso.

El número de participantes en cada excursión es limitado,

y será necesario que las inscripciones nos lleguen lo más pronto posible para poder de antemano organizar los medios de transporte, estancia en los hoteles, etc.

El plazo de admisión para las excursiones que se efectúen antes del Congreso (A) terminará el 1 de abril.

El plazo de admisión para las excursiones que se verifiquen durante el Congreso (B) y después del Congreso (C) terminará en 1 de mayo.

Para efectuar la inscripción será necesario satisfacer la cuota de Congresista y el depósito de la inscripción de la excursión, llenando el adjunto impreso.

Los miembros que no asistan a las excursiones perderán el depósito. Caso de no poderse celebrar la excursión por causas imprevistas, se devolverá el importe total del depósito.

La totalidad de la cuota de cada excursión deberá satisfacerse antes de emprender ésta.

La cuota de excursión cubre todos los gastos de transporte, alojamiento, comidas (salvo los extraordinarios), propinas, etcétera.

La Junta organizadora se reserva el derecho de no verificar las excursiones para las cuales no hubiere suficiente número de inscripciones.

Estancia en Madrid

Madrid posee un gran número de hoteles modernos de primera y segunda clase a los precios usuales en las demás capitales europeas.

En la tercera circular incluiremos una lista de hoteles con los precios que rijan para los Congresistas.

La Secretaría tendrá mucho gusto en facilitar el alojamiento de los Congresistas que así lo deseen.

Programa de las excursiones

A-1. Estrecho de Gibraltar, Sevilla, Algeciras, Norte de Ma-rruecos; doce días.

Cuota: 575 pesetas. Depósito: 50 pesetas.

Directores: Sres. Marín, del Valle, Gavala, Miláns del Bosch y Fernández Iruegas.

El objeto de esta excursión es obtener una idea general de la geología de los terrenos situados a ambas orillas del Estrecho y visitar los yacimientos de hierro de Melilla.

Se visitarán primero las series terciarias del bajo valle del Guadalquivir, deteniéndose en Jerez. Desde esta población se recorre en automóvil la distancia hasta Algeciras, bordeando al final la costa Norte del Estrecho de Gibraltar y cortando las formaciones secundarias y terciarias de la provincia de Cádiz.

Se cruzará el Estrecho de Algeciras a Ceuta, visitando en esta población los terrenos antiguos y un interesante dique peridótico. En las canteras del puerto de Ceuta se examinará la formación jurásica que constituye el eje de la península Norte-marroquí.

Se visitará Tetuán, una ciudad mora de gran interés; en excursiones cortas, cerca de Tetuán, se estudiarán las formaciones geológicas típicas de la península Norte-marroquí.

En la zona de Melilla se examinarán las interesantes erupciones de la región y se visitarán los famosos yacimientos de hierro del monte Uixan.

Itinerario

Mayo, 10. Salida de Madrid, por la noche.

» 11. Llegada a Jerez a mediodía.

Por la tarde se visitarán los cortes del plioceno en las proximidades de la estación. Después se verán las formaciones terciarias de la carretera de Jerez a Puerto de Santa María, y el triás en contacto con el oligoceno y plioceno en la isla de San Fernando. Se dormirá en Jerez.

Mayo, 12. Por la mañana se examinará la meseta pliocena de Jerez, las manchas triásicas entre Jerez y Medina y los restos de la formación miocena de Medina y Págés. Por la tarde se irá en automóvil a Algeciras y se verán las formaciones eocena y oligocena del Estrecho de Gibraltar. Se dormirá en Algeciras.

» 13. Viaje en vapor a Ceuta (África). En esta población se verá un asomo peridótico y se hará un corte de los terrenos que constituyen la costa, desde el Monte Acho hasta las Canteras de Benzú.

» 14. Viaje a Tetuán. Visita a la pintoresca población y sus alrededores.

» 15. Excursión, por la mañana, a Gorgues, en donde hay manchitas eocenas muy fosilíferas superpuestas al jurásico. Por la tarde, visita a las canteras jurásicas y terrenos pliocenos.

» 16. Excursión, por la mañana, a los depósitos eocenos y cretácicos del Fondak y de la carretera de Tanger.

Por la tarde, viaje a Ceuta y embarque para Melilla.

» 17. Llegada a Melilla. Visita, por la tarde, de Calatravamontana, donde se puede observar el macizo eruptivo de Tres Forcas, el contacto con los terrenos antiguos y un yacimiento muy rico en fósiles del helvético.

» 18. Por la mañana, visita a las minas de hierro de Uixan; se verá el lacolito diorítico con sus apófisis de

porfíritas, las calizas y pizarras jurásicas en relación con el criadero y las coladas andesíticas.

Por la tarde, regreso a Melilla por el Gurugú, en donde se observará el sistema eruptivo superpuesto a las margas miocenas con algunas coladas estratificadas entre los depósitos terciarios.

Mayo, 19. Visita a las minas de Setolazar, pudiendo recoger muestras de andesitas, traquitas y basaltos. Por la tarde, embarque para Málaga.

- » 20. Viaje de Málaga a Sevilla.
 - » 21. Sevilla. Visita a la población, sus monumentos y Museos.
 - » 22. Regreso a Madrid en el tren de día, llegando por la noche.
-

A-2. Excursión petrográfica a la Serranía de Ronda; seis días.

Cuota: 400 pesetas. Depósito: 40 pesetas.

Directores: Sres. Orueta y Rubio (E.).

Tiene por objeto principal la visita a la Serranía de Ronda, donde la serie peridótica alcanza gran desarrollo.

Hay algunas excusiones en mulo, algo fatigosas, pero la mayor parte se hará en automóvil.

Itinerario

Mayo, 14. Salida de Madrid por la noche.

- » 15. Llegada a Ronda. Visita a la interesante ciudad y sus alrededores.
- » 16. Excursión en automóvil por la carretera de San Pedro Alcántara y ascensión, en mulo, del Puerto del Robledal. Se podrán recoger muestras muy variadas de rocas.

Mayo, 17. Excursión al Alto de la Torrecilla, desde donde se observa el macizo peridótico y su tectónica.

- » 18. Salida de Ronda para Málaga y visita, por la tarde, de esta población.
 - » 19. Excursión a los Llanos del Juanar. Se verán las calizas metamórficas y se recogerán rocas con minerales poco comunes.
 - » 20. Viaje a Sevilla.
 - » 21. Visita a Sevilla, monumentos, Museos, etc.
 - » 22. Regreso a Madrid en el tren de día.
-

A-3. Los yacimientos metalíferos de Linares y Huelva; diez días.

Cuota: 415 pesetas. Depósito: 40 pesetas.

Directores: Sres. Rubio (C), Hereza y Alvarado.

Excursión de importancia excepcional para los Ingenieros de Minas y Geólogos especializados en estudios metalogénicos, pues se visitarán los distritos de plomo y cobre más ricos de Europa.

En la región de Linares-La Carolina se visitarán las minas más importantes y se examinarán las formaciones graníticas, cambrianas y silurianas en que encajan estos importantes sistemas de filones.

En el distrito cuprífero de Huelva se examinarán los conocidos criaderos de piritas ferrocobrizas de Río Tinto y Tharsis.

Itinerario

Mayo, 13. Salida de Madrid por la mañana. Llegada a Linares por la tarde. Vista del conjunto del campo filoniano.

- » 14. Expedición a las minas «Los Guindos» y «La Rosa»,

donde se podrán observar los filones y *stockwerks* encajados en las pizarras silurianas. Excursión discrecional a las minas del Centenillo.

Mayo, 15. Por la mañana, visita a la mina «Arrayanes», con el gran filón de esta mina encajado en el granito. Por la tarde, visita a la población y discrecional a las fundiciones. Por la noche, salida para Huelva.

- » 16. Llegada a Huelva al mediodía. Por la tarde, visita a la población y alrededores.
 - » 17. Expedición a las minas de Río Tinto, donde podrán ver los famosos criaderos de piritas ferrocobrizas.
 - » 18. Expedición a las minas de piritas de Tharsis.
 - » 19. Excursión, por la ría, a La Rábida, que tiene un gran interés histórico.
 - » 20. Viaje en automóvil a Sevilla, pasando por la Sierra de Aracena, que ofrece pintorescos paisajes, y visitando su cueva, una de las más interesantes de la Península Ibérica. Llegada, por la noche, a Sevilla.
 - » 21. Estancia en Sevilla. Visita a la población, monumentos, Museos, etc.
 - » 22. Viaje a Madrid en el tren de día.
-

A-4. Estudio tectónico del valle del Guadalquivir; siete días.

Cuota: 315 pesetas. Depósito: 30 pesetas.

Directores: Sres. Hernández Pacheco, Carbonell y Novo.

En esta expedición se estudiarán las formaciones de ambos lados de la debatida falla del Guadalquivir.

Se visitará detenidamente la Sierra de Córdoba, de variadísima composición petrográfica y donde existen varias estaciones fosilíferas interesantes.

La excursión se verificará en automóvil, con cortos paseos

a pie, siendo, por tanto, muy apropiada para personas que no quieran fatigarse excesivamente. Se pernoctará en Córdoba, todas las noches.

Itinerario

Mayo, 16. Salida de Madrid por la mañana. Llegada a Córdoba por la tarde.

- » 17. Visita a Montoro y el salto de El Carpio, donde hay culm y cuarcitas carboníferas metamorfizadas. Por la tarde, visita al Pantano del Guadalmellato, con calizas carboníferas y miocenas fosilíferas.
 - » 18. Fauna de la caliza de montaña del puente de los Pedroches. Visita a las Ermitas. Fauna de *Archeocyathus*.
 - » 19. Mañana, visita de los monumentos artísticos de Córdoba y sus Museos. Tarde, examen de las diferentes emisiones hipogénicas de la carretera de Trasierra y visita de Medina Azahara y del monasterio de los Jerónimos.
 - » 20. Excursión a Almodóvar del Río. Visita del Castillo y del hipogénico sobre el cual se asienta. Visita de las terrazas miocenas de Hornachuelos. Viaje a Sevilla.
 - » 21. Visita a los monumentos, Museos, etc., de Sevilla.
 - » 22. Regreso a Madrid en el tren de día.
-

A-5. Excursión a las sierras Béticas.

Córdoba-Granada-Sierra Nevada; doce días.

Cuota: 570 pesetas. Depósito: 60 pesetas.

Directores: Sres. Carbonell, Novo, Carandell y Gómez Llueca.

En esta expedición se podrá estudiar la tectónica de las sierras andaluzas desde el borde de la meseta ibérica a Sierra Nevada.

Se visitarán los yacimientos fosilíferos titónicos de fama mundial de Cabra y la sierra del Torcal de Antequera, paisaje de gran belleza.

En la última parte del viaje se efectuará la ascensión al Pico del Veleta, uno de los puntos más elevados de Sierra Nevada.

Los viajeros tendrán ocasión de admirar las bellezas artísticas de Córdoba y Granada.

Además de ropa de verano, deberán ir provistos los excursionistas de abrigo, pues en el Veleta se encontrará aún abundante nieve.

Itinerario

Mayo, 11. Salida de Madrid por la mañana. Llegada a Córdoba por la tarde.

» 12. Examen, en la carretera de Almadén y de Villaviciosa, de las formaciones paleozoicas de la sierra, con una rica fauna de *Archeocyathus*.

Por la tarde se examinarán las formaciones hipogénicas y cambrianas del borde de la sierra.

» 13. Por la mañana se recorrerán los monumentos artísticos de la población. Por la tarde, excursión al Balcón del Mundo, monasterio de San Jerónimo y Medina Azahara.

» 14. Viaje en automóvil por la campiña cordobesa terciaria, hasta Cabra.

» 15. Visita al yacimiento fosilífero titónico de Los Lancharres.

Ascensión a la ermita de la Virgen de Cabra, punto elevado de la Sierra Penibética.

Mayo, 16. Viaje en automóvil por Rute hasta Loja, examinando las formaciones secundarias de estas sierras.

Almuerzo en el Manzanil, interesante yacimiento fosilífero.

Por la tarde, viaje a Antequera.

» 17. Visita de la curiosa formación cárstica del Torcal de Antequera.

Viaje a Granada.

» 18. Visita de los monumentos artísticos de Granada y de la Alhambra.

» 19. Mañana, libre. Tarde, salida para Sierra Nevada, durmiendo en el albergue.

» 20. Ascensión al Veleta (3.470 metros) y regreso a dormir al albergue.

» 21. Descenso del albergue al hotel de Sierra Nevada. Visita de un yacimiento de serpentinas. Regreso a Granada.

» 22. Regreso a Madrid.

A-6. Excursión al terciario continental de Burgos; dos días.

Cuota: 160 pesetas. Depósito: 15 pesetas.

Director: Sr. Royo Gómez.

En esta excursión podrán los Congresistas observar el terciario continental de la provincia de Burgos y darse cuenta de una formación geológica que tanta extensión tiene en toda la Península Ibérica. Se visitará el yacimiento fosilífero de Castrillo del Val, el más importante en moluscos de los conocidos dentro de la formación miocena española.

Se visitarán también los monumentos artísticos e históricos de Burgos, la Catedral, el Monasterio de las Huelgas, La Cartuja de Miraflores, etc., etc.

Itinerario

Mayo, 20. Noche, reunión en Burgos.

- » 21. Excursión a Castrillo del Val y visita al rico yacimiento fosilífero del mioceno superior, donde podrán los Congresistas recoger gran número de fósiles, y a la Sierra de Atapuerca, donde verán el contacto del mioceno con el cretáceo, los pliegues del primero y la cueva de Atapuerca.
Por la tarde, excursión a Olmillos por Las Quintanillas, con el fin de ver las terrazas cuaternarias y los niveles del mioceno.
- » 22. Por la mañana, se visitará la Catedral, los Museos y demás monumentos artísticos de la capital.
Por la tarde, visita a la Cartuja de Miraflores y las Huelgas. Por la noche, salida para Madrid.
- » 23. Llegada a Madrid por la mañana.

A-7. Excursión a las Islas Canarias; diez y siete días.

Cuota: 800 pesetas. Depósito: 80 pesetas.

Directores: Sres. Fernández Navarro, Fernández Aguilar y Mendizábal.

En esta excursión se visitarán detenidamente las islas más importantes de las Canarias, de tan grandísimo interés petrográfico.

Se subirá al Teide (3.710 metros), uno de los volcanes más interesantes del globo.

La excursión se efectuará, desde Madrid a Cádiz en ferrocarril, y de Cádiz a Canarias en uno de los transatlánticos que hacen el servicio a América del Sur. En las islas se efectuará

gran parte de la excursión por mar en un barco especialmente fletado con este objeto.

La única parte fatigosa de la excursión es la ascensión del pico del Teide, que se hará en mulos en gran parte del trayecto.

Se verán todos los materiales del país y las modalidades del paisaje. El valle de la Orotava, las Cañadas, la cumbre del Teide, la gran caldera de la Palma y el barranco de Tejeda, en Gran Canaria, son espectáculos únicos.

Las ciudades de Las Palmas, Santa Cruz de Tenerife, La Laguna y Santa Cruz de la Palma, son las villas principales del archipiélago.

Itinerario

- Mayo, 5. Salida de Madrid por la noche.
- » 6. En Cádiz.
- » 7. Embarque en Cádiz.
- » 8. En el mar.
- » 9. Llegada a Santa Cruz de Tenerife.
Excursión a Anaga, porción antigua de la isla de Tenerife.
- » 10. Expedición a La Laguna y costa Norte de Anaga. Visita del Jardín Botánico de la Orotava.
- » 11. Mañana. Excursión por el valle de la Orotava. Tarde. Examen del volcán de Taco, y, en Garachico, de la erupción de 1706.
- » 12. Excursión al volcán del Teide, durmiendo en Alta Vista (3.290 metros).
- » 13. Ascensión al cráter (3.710 metros). Descenso y visita de la Cueva del Hielo. Embarque en el puerto de la Cruz.
- » 14. Desembarco en Santa Cruz de la Palma. Excursión

sión al volcán de Martín (erupción de 1646) y al volcán de San Antonio (erupción de 1677), y por la tarde, a las erupciones del Charco y Tacande.

- Mayo, 15. Expedición a la caldera de Taburiente. Embarque para la Gran Canaria.
» 16. Desembarco en Las Palmas. Visita a la población y al Museo Canario.
 Excursión al gran Barranco de Tejeda, viéndose todas las rocas que forman la isla.
» 17. Visita a los yacimientos sedimentarios y a Arucas (cultivo del plátano). Embarque.
» 18. A bordo.
» 19. Llegada a Cádiz.
» 20. Viaje a Sevilla.
» 21. Sevilla. Visita a la población, sus monumentos y Museos.
» 22. Regreso a Madrid en el tren de día, llegando por la noche.

NOTA. Podrá variarse algún detalle en la distribución del tiempo, pero conservando la duración total y todas las visitas indicadas. La fecha de regreso puede también sufrir alguna variación, debida a retraso de los vapores procedentes de América.

B-1. Las minas de Almadén; un día.

Cuota: 150 pesetas. Depósito: 15 pesetas.

Directores: Sres. Hernández Sampelayo y Sierra.

En esta excursión se visitará el primer criadero de azogue del mundo.

Itinerario

- Mayo, 26. Salida de Madrid por la tarde.
» 27. Por la mañana, visita del interior de las minas. Por la tarde, examen de las instalaciones exteriores y de los terrenos paleozoicos. Por la noche, salida para Madrid.
» 28. Llegada a Madrid.
-

B-2. La Sierra de Guadarrama; un día.

Cuota: 40 pesetas. Depósito: 5 pesetas.

Directores: Sres. Obermaier y Carandell.

Tiene por objeto hacer el reconocimiento de la Sierra del Guadarrama, situada a 40 kilómetros de Madrid, desde los puntos de vista orogénico, petrográfico y morfológico, especialmente en lo tocante a la glaciación cuaternaria.

El macizo de Peñalara, que culmina a 2.430 metros sobre el nivel del mar (la Puerta del Sol de Madrid tiene 650 metros), constituye la cumbre más elevada de la sierra.

La excursión se hará en un día, saliendo por la mañana de Madrid para regresar por la noche.

B-3. Aranjuez. El terciario continental y la estepa de Castilla; un día.

Cuota: 50 pesetas. Depósito: 5 pesetas.

Directores: Sres. Hernández Pacheco (E.) y Hernández Pacheco (F.).

Tiene por objeto reconocer el mioceno continental de la

cuenca del Tajo, examinando detenidamente estos depósitos que cubren gran parte de la meseta.

Se almorzará en Aranjuez, visitándose los Reales Palacios y jardines.

La excursión se hará en automóvil en un día, no durmiendo fuera de Madrid.

C-1. Cuenca hullera de Asturias y sus terrenos paleozoicos; seis días.

Cuota: 275 pesetas. Depósito: 25 pesetas.

Directores: Sres. Sancho, Ruiz Falcó, Cueto, H. Sampelayo y Patac.

Los Congresistas visitarán la cuenca carbonífera de Asturias, la más importante de la Península Ibérica.

Podrán también observar la tectónica complicada de esta región y toda la serie de sus terrenos paleozoicos.

Itinerario

Junio, 1. Salida de Madrid.

» 2. Llegada a Oviedo por la mañana.

Visita a la población. Por la tarde, excursión al Naranco, donde verán el devoniano y los retazos húlleros. También podrán visitar unas iglesias románicas muy interesantes.

» 3. Excursión a Salas y Tineo, donde podrán reconocer la serie de los terrenos paleozoicos, con accidentes geológicos muy interesantes, y recoger fósiles típicos.

» 4. Excursión a la cuenca de Langreo.

Examen de la estratigrafía y visita de una mina en

que la sucesión de capas sea la normal de la cuenca. Podrán recoger fósiles (vegetales y animales). Se dormirá en Oviedo.

Junio, 5. Visita a Covadonga, célebre Santuario. Examinarán la caliza de montaña, las minas de manganeso y los lagos existentes en el alto de la sierra.

» 6. Excursión por la carretera del Pontón, que ofrece paisajes de gran belleza y en donde se puede estudiar la tectónica y constitución geológica de la región.

» 7. Excursión a Avilés, San Esteban y Gijón. Se visitarán estas poblaciones y se recorrerá la campiña baja de Asturias, con cretáceo y terrenos modernos.

» 8. Salida para Bilbao o Madrid.

C-2. Los yacimientos de hierro de Bilbao; tres días.

Cuota: 200 pesetas. Depósito: 20 pesetas.

Directores: Sres. H. Sampelayo y Rotaeché.

En esta excursión, especialmente interesante para los Ingenieros de Minas, se visitarán las minas más importantes del conocidísimo distrito de Bilbao. La excursión tendrá lugar después de la C-1 (Cuenca hullera de Asturias); de modo que los Ingenieros de Minas tendrán ocasión de examinar sucesivamente las explotaciones de carbón y hierro más importantes de España.

Itinerario

Junio, 8. Llegada a Bilbao por la noche, de Asturias o Madrid.

» 9. Por la mañana, visita a las importantes minas de la Orconera, recorriendo el criadero desde Triano hasta

- Gallarta. Por la tarde, visita a la fábrica de Altos Hornos.
- Junio, 10. Excursión a las minas inmediatas a Bilbao. Morro, Núñez, Malespera y Alambrada. Por la tarde, visita a la población.
- » 11. Excursión a Gorliz y Guernica.
Por la tarde, dispersión de la expedición. Salida para San Sebastián o para Madrid.
-

C-3. Cuenca potásica de Cataluña y Pirineo Central; once días.

Cuota: 475 pesetas. Depósito: 45 pesetas.

Directores: Sres. Faura y Marín.

Podrán los Congresistas examinar todos los terrenos que forman el suelo catalán, desde Barcelona a los Pirineos. Los dos primeros días visitarán Barcelona y sus alrededores; luego se hará una excursión por la cuenca potásica. En los días sucesivos examinarán toda la serie de terrenos que forman las estribaciones de los Pirineos y muy especialmente el macizo del Montsech y la fossa tectónica de Tremp.

Se terminará la excursión con la visita al pintoresco valle de Arán.

La excursión se hará en automóvil, excepto una parte en caballerías y algunas pequeñas expediciones a pie.

Itinerario

- Junio, 1. Salida de Madrid por la noche.
- » 2. Llegada a Barcelona por la mañana.
Visita a la ciudad, sus Museos y el Tibidabo, donde podrán observar los terrenos antiguos e hipogénicos de la cordillera del litoral.

Junio, 3. Excursión a Montserrat, macizo montañoso muy curioso y de gran carácter histórico. Está constituido por tres zonas bien marcadas: eoceno (marino y lacustre) y oligoceno.

- » 4. Viaje a Manresa y visita, por la tarde, al eoceno marino de los alrededores, donde podrán recoger gran cantidad de fósiles.
- » 5. Salida de Manresa para Suria pasando por Sallent. En esta población podrán recoger algunos fósiles del oligoceno lacustre. En Suria bajarán a las minas de potasa.

Por la tarde se visitarán las salinas de Cardona y se podrá observar el afloramiento de la sal potásica. Se dormirá en Solsona.

- » 6. Visita al Museo y Catedral de Solsona. Salida para Artesa. En Oliana se observará el asomo de las margas eocenas y el borde de la cuenca oligocena. Por la tarde se podrán ver los yacimientos de ofitas de Cubells y del Castillo de Artesa, así como los asomos del trías y cretáceo.
- » 7. Excursión al Montsech. Examen del accidente geológico de Villanueva de Meyá y de la serie de terrenos: jurásico, cretáceo y eoceno, que lo constituyen. Se llegará por la tarde a Tremp.
- » 8. Por la mañana, excursión a caballo al eoceno de Arolas, pudiéndose recoger muchos fósiles. Por la tarde, excursión a Terradéts.
- » 9. Por la mañana, visita a las instalaciones del salto de San Antonio, de la Sociedad de Riegos y Fuerza del Ebro. Por la tarde, excursión al garumnense de Isona.
- » 10. Salida de Tremp para Esterri de Aneu, viendo en el camino el desfiladero jurásico de Colgáts, el silu-

riano, muy fosilífero, y el triás, con sal y ofitas, de Guerri de la Sal.

- Junio, 11. Salida de Esterri para el valle de Arán, observando en el camino las calizas metamórficas devonianas y el culm. Se visitarán las iglesias románicas y se podrán recoger muestras de las distintas rocas de los terrenos antiguos que lo constituyen.
- » 12. Final de la expedición. Pueden los Congresistas volver a Barcelona o atravesar la frontera francesa en Pont de Roi.

Esta expedición puede sufrir alguna variación en su itinerario, porque el paso de Tremp al valle de Arán se podrá o no hacer, según las circunstancias climatológicas de la próxima primavera.

C-4. Cuenca potásica de Cataluña y Pirineo Oriental; diez días.

Cuota: 400 pesetas. Depósito: 40 pesetas.

Directores: Sres. San Miguel de la Cámara, Bataller, Marín, Mascet y Larragán.

Empezará esta excursión visitando la población de Barcelona y sus alrededores, y después se visitarán tres zonas importantes del suelo de Cataluña. Primero, la cuenca potásica, que tanto interés ha despertado en el mundo, examinándose el famoso criadero y dándose cuenta de la tectónica de la región. Segundo, la zona de Berga, en donde presentan mucha importancia los terrenos cretáceos, sobre todo el tramo garumnense. Tercero, el sistema volcánico de Olot, de tanto interés para el estudio de la tectónica mediterránea.

Itinerario

Los cinco primeros días se seguirá el mismo itinerario que en la excursión C-3, con la sola excepción del quinto día que se dormirá en Cardona en vez de hacerlo en Solsona.

- Junio, 6. Salida para Berga por Balsareny, donde se podrá examinar el pliegue anticlinal de Suria. Por la tarde se verá el contacto de la cuenca con el eoceno de Nuestra Señora de Caralt.
- » 7. Visita a la cuenca lignitífera de Figóls. Subida a Vallcebre. Se podrán reconocer la serie de horizontes que constituyen el garumnense, recogiendo fósiles correspondientes a este terreno y al turonense subyacente.
- » 8. Salida para Guardiola y Ripoll. En el primero de dichos pueblos verán el asomo triásico y la formación eocena. Por la tarde se visitará el precioso Monasterio de Ripoll.
- » 9. Excursión a San Juan de las Abadesas y examen de la formación carbonífera y sus grandes pliegues, algunos de los cuales han producido la inversión de los terrenos. Por la noche se irá a dormir a Olot.
- » 10. Visita al Montsacopa y al llano de Olot, con sus volcanes extinguidos. Se podrá ver también la corriente del Noc den Coll. Por la tarde, excursión a los volcanes de la Cot y Santa Pau y al Bosch de Tosca.
- » 11. Visita a Castellfullit y Bañolas, en donde se observarán los volcanes de lodo, el lago y manantiales de aguas sulfurosas. Por la tarde, final de excursión.
- Los Congresistas pueden elegir entre volver a Barcelona o tomar el tren a Gerona para internarse en Francia.

C-5. Excursión a las Islas Baleares; once días.

Cuota: 430 pesetas. Depósito: 40 pesetas.

Directores: Sres. Darder y Cincúnegui, con la cooperación de M. Fallot.

En esta excursión, después de haber pasado dos días en Barcelona visitando la población y sus alrededores, se saldrá para la isla de Mallorca, en Baleares, que une a las bellezas de su paisaje un interés geológico grande. Se visitarán sus cuevas, únicas en el mundo, y la serie de terrenos sedimentarios, así como las variadas rocas hipogénicas que forman su suelo.

Se harán en esta expedición algunas excursiones en caballerías y a pie.

Itinerario

Los tres primeros días de expedición se seguirá el mismo itinerario que en las excursiones C-3 y C-4, con la sola diferencia de que en el tercer día, por la noche, se tomará el barco para Mallorca.

Junio, 4. Llegada a Mallorca. Por la mañana, visita a la población. Por la tarde, excursión a Sinéu. Visita a San Onofre y examen de los pliegues y transgresiones que presentan los terrenos geológicos. Se dormirá en Felanitx.

» 5. Por la mañana, visita al Puig de San Salvador, Puig de San Nicoláu y Puig de San Envestida, con estudio del numulítico, burdigaliense y dolomías del triás. Por la tarde, visita a las interesantes cuevas del Drac. Se dormirá en Porto Cristo.

» 6. Por la mañana, visita a las cuevas del Hams y a San Lorenzo, Puig de Son Corp, Son Servera. Por la tarde, visita a las célebres cuevas de Artá. Se dormirá en Artá.

Junio, 7. Por la mañana, examen tectónico de la comarca desde San Salvador de Artá y del haureriviense nerítico de S'Alqueria Veyá. Por la tarde, excursión a Santa Margarita, examinando el oligoceno lacustre; a Muro, donde se puede estudiar la fauna vindebonense, y a las minas de carbón de Don Fe. Se dormirá en Pollensa.

- » 8. Por la mañana, excursión a San Vicente y Monasterio del Lluch, visitando el mioceno y triás de los alrededores. Se cenará y dormirá en el Monasterio.
- » 9. Excursión, en caballerías o a pie, por terreno muy accidentado, pero donde se podrá apreciar bien la geología de una parte de la isla, muy interesante por los corrimientos tectónicos tan característicos en la sierra norte de la isla. En Bonnava se tomarán los autos y se irá a Sóller y Valdemosa, donde se dormirá.
- » 10. Excursión a Bañalbufar, Estalléns y Andraitx, visitando el yacimiento fosilífero de Son Buñola. Se dormirá en Andraitx.
- » 11. Por la mañana, excursión a Bellver y regreso a Palma, visitando los yacimientos fosilíferos, barremienses y aptenses de Bendinat y Cala Santa. Por la tarde, visita a la población de Palma. Noche, embarque para Barcelona.
- » 12. Regreso a Barcelona. Dispensión de la expedición.

Muestras de rocas, minerales y fósiles

El Comité ejecutivo facilitará medios a los Congresistas para expedir las muestras que recojan.

CORRESPONDENCIA

El Secretario tendrá sumo gusto en contestar todas las preguntas relativas a la organización del Congreso.

La correspondencia debe dirigirse al

SECRETARIO DEL XIV CONGRESO GEOLÓGICO

Instituto Geológico

Plaza de los Mostenses, 2
MADRID. ESPAÑA

Por la Junta organizadora

El Secretario,
E. Dupuy de Lôme.

El Presidente,
César Rubio.

CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL

XIV^a SESIÓN.—MADRID, 1926

Secretaría:

Instituto Geológico de España.—Plaza de los Mostenses, 2.-Madrid (España)

Tercera circular

Presidencia honoraria

Su Majestad el Rey de España, Don Alfonso XIII, se ha dignado aceptar la Presidencia de honor de la XIV^a Sesión del Congreso Geológico Internacional.

REGLAS GENERALES

Sesiones

La reunión del Congreso tendrá lugar el lunes 24 de mayo y durará hasta el lunes 31.

Habrá una sesión de apertura oficial, días de sesiones, reunión de Secciones, visitas a los Museos, monumentos y colecciones artísticas y excursiones científicas.

Debemos dar cuenta a los Congresistas de la irreparable pérdida, para todos nosotros, del Excmo. Sr. D. Domingo de

Orueta, Director del Instituto Geológico de España, fallecido recientemente.

Esta pérdida priva al Congreso de una de sus más ilustres figuras, y los Congresistas no podrán conocer el admirable trabajo que tenía en preparación sobre las rocas hipogénicas del litoral mediterráneo. Asimismo la excursión A-2 se verá privada de uno de sus directores, quien había descrito magistralmente las rocas de la Serranía de Ronda.

Reunión del Consejo

Los Delegados que forman el Consejo de la XIV^a Sesión del Congreso se reunirán el domingo 23.

Inscripciones

No se exigirá ningún título profesional para inscribirse como Congresista. Sin embargo, la participación en las excursiones se reservará preferentemente a los Delegados oficiales de las diferentes naciones, a los Geólogos, Geógrafos, Ingenieros de Minas y a todas las personas dedicadas al estudio o a la aplicación de una de las ramas de la Geología.

La cuota de inscripción será de 30 pesetas, con derecho para asistir a las sesiones y otros actos oficiales, inscribirse a las excursiones y recibir gratuitamente la Memoria del Congreso.

Delegados

Hay gran número de Delegados de Universidades y Sociedades geológicas que no han solicitado aún ser inscritos ni como miembros del Congreso ni como participantes en las excursiones. Como nos están llegando constantemente adhesiones, les rogamos que nos envíen la suya lo más pronto posible.

Guías

El precio de la serie completa de guías en español es de 30 pesetas para los Congresistas. El precio de cada guía en español o traducida es de dos pesetas.

Los Congresistas que participen en una excursión recibirán gratis la guía de la misma.

Temas de discusión

Los temas que serán objeto de discusión principalmente son:

- 1.^o *Las reservas mundiales de fosfatos y piritas.*
- 2.^o *Geología del Mediterráneo.*
- 3.^o *La fauna cambriana y siluriana.*
- 4.^o *Geología de África y sus relaciones con la de Europa.*
- 5.^o *Los vertebrados del terciario.*
- 6.^o *Los pliegues hercinianos.*
- 7.^o *Los foraminíferos del terciario.*
- 8.^o *Teorías modernas de metalogenia.*
- 9.^o *Vulcanismo.*
10. *Estudios geofísicos:*
 - a) *Su aplicación a la Geología.*
 - b) *Necesidad de unificación de los métodos gravimétricos.*
11. *Varios.*

EXCURSIONES

Solamente podrán tomar parte en las excursiones los miembros del Congreso.

El número de participantes en cada excursión es limitado,

por lo que deben de sernos enviadas las inscripciones lo más rápidamente posible, para poder dedicarnos con la debida atención a organizar los medios de transporte, estancia en los hoteles, etc., etc.

El plazo de inscripción para las excursiones que tendrán lugar antes del Congreso (A) expira el 1 de abril.

El plazo de admisión para las excursiones que se verificarán durante el Congreso (B) y después del Congreso (C) terminará el 1 de mayo.

La inscripción debe venir acompañada del importe de la cuota de Congresista, así como del depósito para cada excursión, llenando con este objeto la hoja adjunta a la presente circular.

Los miembros que se inscriban para una excursión y no tomen parte en ella, perderán la cantidad depositada. En caso de que, por causas imprevistas, no llegue a verificarse una excursión, se reembolsará el total del depósito.

La totalidad del importe de la inscripción debe satisfacerse antes de cada excursión; están comprendidos todos los gastos de transporte, alojamiento, comidas (salvo extraordinarios), propinas, etc., etc.

La Junta organizadora se reserva el derecho de no realizar aquellas excursiones para las que no hubiere un número suficiente de inscripciones.

La segunda circular indica el itinerario detallado para cada una de las excursiones.

PROGRAMA DE LAS EXCURSIONES

Excursiones antes del Congreso

A-1. Estrecho de Gibraltar, Jerez, Algeciras, Norte de Marruecos; doce días.

Inscripción: 575 pesetas. Depósito: 50 pesetas.

Bajo la dirección de los Sres. Marín, Del Valle, Gavala, Miláns del Bosch y Fernández Iruegas.

Se hará la primera visita a las formaciones terciarias del valle bajo del Guadalquivir, deteniéndose en Jerez. El viaje desde esta ciudad a Algeciras se hará en automóvil, bordeando al final la costa Norte del Estrecho de Gibraltar.

Travesía del Estrecho de Algeciras a Ceuta, visitando en esta última ciudad los terrenos antiguos y un dique peridotítico muy interesante.

En las canteras del puerto de Ceuta se examinará la formación jurásica, que constituye el eje de la península Norte-Marroquí.

Se visitará Tetuán, ciudad mora de un interés especialísimo; se verificarán excursiones cortas para estudiar las formaciones geológicas del Norte de la península marroquí.

En la zona de Melilla se examinarán las interesantes erupciones de la región y los yacimientos de hierro del monte Uixan.

A-2. Excursión petrográfica a las montañas de Ronda; ocho días.

Inscripción: 400 pesetas. Depósito: 40 pesetas.

Bajo la dirección de los Sres. Hernández Sampelayo y Rubio (E.).

El objeto principal de esta excursión es visitar las montañas de Ronda, donde se encuentra muy desarrollada la serie peridotítica.

Serán visitadas Málaga y Sevilla, y sus monumentos, Museos, etc.

A-3. Los yacimientos metalíferos de Linares y Huelva; diez días.

Inscripción: 415 pesetas. Depósito: 40 pesetas.

Bajo la dirección de los Sres. Rubio (C.), Hereza y Alvarado.

Esta excursión tiene una importancia excepcional para los Ingenieros de Minas y Geólogos especializados en los estudios metalogénicos, puesto que se visitarán las regiones más ricas en cobre y plomo de Europa.

En la región de Linares-La Carolina se visitarán las minas más importantes, examinando las formaciones graníticas, cámbricas y silurianas que encierran estos filones.

En el distrito cuprífero de Huelva se examinarán los depósitos de piritas de Río Tinto y Tharsis.

A-4. Estudio tectónico del valle del Guadalquivir; siete días.

Inscripción: 315 pesetas. Depósito: 30 pesetas.

Bajo la dirección de los Sres. Hernández Pacheco, Carbonell y Novo.

En esta expedición se estudiarán las formaciones de ambos lados en la falla del Guadalquivir.

Se visitará la sierra de Córdoba, de variadísima composición petrográfica y donde existen varias estaciones fosilíferas interesantes.

Sevilla, con sus monumentos y Museos, será también visitada.

A-5. Excursión a las sierras Béticas: Córdoba, Granada y Sierra Nevada; doce días.

Inscripción: 570 pesetas. Depósito: 60 pesetas.

Bajo la dirección de los Sres. Hernández Pacheco, Carbonell, Novo, Carandell y Gómez Llueca.

En esta excursión se podrá estudiar la tectónica de las sierras andaluzas, desde el borde de la meseta ibérica hasta Sierra Nevada.

Se visitarán los yacimientos fosilíferos titónicos de Cabra y la sierra del Torcal de Antequera. En la última parte del viaje se hará la ascensión al Pico del Veleta, uno de los más elevados de Sierra Nevada.

Los viajeros tendrán ocasión de admirar los tesoros artísticos de Córdoba y de Granada.

A-6. Excursión al terciario continental de Burgos; dos días.

Inscripción: 160 pesetas. Depósito: 15 pesetas.

Bajo la dirección del Sr. Royo Gómez.

En esta excursión podrán observar los expedicionarios el terciario continental de la provincia de Burgos y darse cuenta de una formación geológica que se extiende sobre una gran parte de la meseta ibérica. Se visitará el yacimiento fosilífero de Castrillo del Val, el más importante en moluscos de los conocidos en la formación miocena española.

Se visitarán también los monumentos artísticos e históricos de Burgos.

A-7. Excursión a las Islas Canarias; diez y siete días.

Inscripción: 800 pesetas. Depósito: 80 pesetas.

Bajo la dirección de los Sres. Fernández Navarro y Menéndezábal.

Esta excursión se realiza a las islas más importantes de Canarias, de tan gran interés petrográfico, y comprende la ascensión al Teide (3.710 metros), uno de los volcanes más interesantes del globo.

El viaje se hará, de Madrid a Cádiz por ferrocarril, y de Cádiz a Canarias en uno de los transatlánticos que hacen el servicio de América del Sur. En las islas se hará la mayor parte de la excursión por mar en un barco fletado especialmente para este objeto.

El valle de la Orotava, el Teide, la gran Caldera de la Palma y el Barranco de Tejeda, en Gran Canaria, son vistas únicas en el mundo.

Excusiones durante el Congreso

B-1. Las minas de Almadén; un día.

Inscripción: 150 pesetas. Depósito: 15 pesetas.

Bajo la dirección de los Sres. Hernández Sampelayo y Sierra.

B-2. La Sierra de Guadarrama; un día.

Inscripción: 40 pesetas. Depósito: 5 pesetas.

Bajo la dirección de los Sres. Obermaier y Carandell.

B-3. Aranjuez. El terciario continental y la estepa de Castilla; un día.

Inscripción: 50 pesetas. Depósito: 5 pesetas.

Bajo la dirección de los Sres. Hernández Pacheco (E.) y Hernández Pacheco (F.).

Excusiones después del Congreso

C-1. Cuenca hullera de Asturias y sus formaciones paleozoicas; seis días.

Inscripción: 275 pesetas. Depósito: 25 pesetas.

Bajo la dirección de los Sres. Sancho, Ruiz Falcó, Cueto, Hernández Sampelayo y Patac.

Los congresistas visitarán la cuenca carbonífera de Asturias, la más importante de la Península Ibérica.

Podrán también observar la complicada tectónica de esta región y toda la serie de formaciones paleozoicas.

C-2. Los yacimientos de hierro de Bilbao; tres días.

Inscripción: 200 pesetas. Depósito: 20 pesetas.

Bajo la dirección de los Sres. Sampelayo y Rotaeche.

En esta excursión, de un especial interés para los Ingenieros de Minas, se visitarán las minas más importantes del distrito de Bilbao. La excursión tendrá lugar después de la C-1, y de esta manera los Ingenieros de Minas podrán examinar sucesivamente las explotaciones de carbón y de hierro más importantes de España.

C-3. Cuenca potásica de Cataluña y Pirineo Central; once días.

Inscripción: 475 pesetas. Depósito: 45 pesetas.

Bajo la dirección de los Sres. Marín y Faura.

Los Congresistas podrán examinar todas las formaciones desde Barcelona a los Pirineos.

En los dos primeros días se visitará Barcelona y sus alrededores; luego se hará una excursión a la cuenca potásica. En los días sucesivos se irá inspeccionando toda la serie de formaciones de los Pirineos, especialmente el macizo de Montsech y la fosa tectónica de Tremp.

Se cerrará la excursión con una visita al valle de Arán.

C-4. Cuenca potásica de Cataluña y Pirineo Oriental; diez días.

Inscripción: 400 pesetas. Depósito: 40 pesetas.

Bajo la dirección de los Sres. San Miguel de la Cámara, Bataller, Marín, Marcet y Larragán.

Esta excursión comenzará por la visita de Barcelona y sus alrededores. Despues se visitarán tres zonas importantes de Cataluña: la cuenca potásica, la zona de Berga, donde tanta importancia tiene el cretáceo, y el sistema volcánico de Olot, de tan grande interés para el estudio de la tectónica mediterránea.

C-5. Excursión a las Islas Baleares; once días.

Inscripción: 430 pesetas. Depósito: 40 pesetas.

Bajo la dirección de los Sres. Darder y Cincúnegui, con la cooperación de M. Fallot.

Después de pasados dos días en Barcelona y sus alrededores, se partirá para las Islas Baleares, desembarcando en Mallorca. Se visitarán las grutas y la serie de terrenos sedimentarios, así como las rocas hipogénicas que constituyen el suelo de la isla.

NOTA

Excursión a Despeñaperros (Sierra Morena).

Bajo la dirección de los Sres. Hernández Pacheco y Puig de la Bellacasa.

Esta excursión tiene por objeto el estudio de la zona de contacto de la meseta con la llanura del Guadalquivir. Se atravesará el borde frontal de Sierra Morena por el desfiladero denominado Despeñaperros, lugar muy a propósito para formarse idea de la tectónica de esta zona tan interesante del Sur de España.

Se dejará el tren en Venta de Cárdenas, al borde de la meseta de Castilla, haciendo el recorrido del desfiladero a pie, para observar las masas imponentes de cuarcitas ordovienses, fallas y pliegues, hasta llegar a la base del gran accidente tectónico, donde se tomará de nuevo el tren en la estación de Las Correderas.

La realización de esta excursión depende de la posibilidad de vencer algunas dificultades que ofrece el intenso tráfico por este estrecho paraje.

Se ha redactado por el Sr. Hernández Pacheco (E.) un resumen de la geología de Sierra Morena y de la llanura del Guadalquivir.

Ferrocarriles

Las Compañías de ferrocarriles harán a los Congresistas una importante reducción en los precios de los billetes de

ferrocarril desde cualquier punto de la frontera española a Madrid y regreso.

Los señores Congresistas que no hayan recibido a tiempo el certificado para el ferrocarril, pueden indicarnos el lugar de la frontera por donde han de penetrar en España, y pedirán dicho certificado al agente de la «Compañía Internacional de Coches-Camas», quien les facilitará igualmente el paso de la Aduana, el visado de los pasaportes, etc., etc.

Los ferrocarriles españoles transportan gratuitamente 30 kilos de equipaje facturado.

Correspondencia de los Congresistas durante el Congreso

Toda la correspondencia enviada a los miembros del Congreso debe traer la siguiente dirección:

M..... (nombre del Congresista). N.º..... (número de su tarjeta de Congresista).

Congreso Geológico Internacional

Apartado 8.077
MADRID (ESPAÑA)

La Secretaría del Congreso se encargará con mucho gusto de enviar estas cartas a los miembros que se encuentren en excursión.

Correspondencia

El Secretario responderá gustosamente a todas las preguntas que se le dirijan relativas a la organización del Congreso.

La correspondencia debe ser dirigida al

SECRETARIO DEL XIV CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL

Instituto Geológico

Apartado 8.077
MADRID (ESPAÑA)

Por la Junta organizadora:

El Presidente,
César Rubio.

El Secretario,
E. Dupuy de Lôme.

PREPARACIÓN DE LAS EXCURSIONES

Desde el primer momento fué una preocupación constante de la Junta organizadora preparar en sus menores detalles las excursiones anejas al Congreso, empleándose en esto no solamente casi todo el personal del Instituto Geológico de España, sino otros distinguidos Geólogos que han figurado después como directores de las excursiones.

En el año 1923 se comenzaron las expediciones previas para reconocer prolíjamente los itinerarios que habían de seguir los excursionistas y para acoplar el enorme número de datos necesarios para la publicación de las Guías geológicas.

En algunos casos fué necesario hacer nuevos mapas geológicos de detalle o rectificar los ya existentes, que, por anticuados, contenían algunos errores.

Además de las Guías geológicas de cada una de las excursiones, se hicieron dos Guías especiales de las líneas de ferrocarriles que principalmente habían de recorrer los Congresistas, o sean los trayectos Madrid-Irún y Madrid-Sevilla. Estas guías, que han obtenido gran éxito entre nuestros visitantes, daban una idea sucinta de cuantos accidentes geológicos atravesaron los viajeros en su recorrido de Norte a Sur a través de casi toda la Península.

También se hicieron algunas Guías especiales de puntos de extraordinario interés geológico o artístico, como fueron las Guías de Despeñaperros, artística de Córdoba, cuevas de Mallorca, etc..

La enorme labor desarrollada en la confección de estas Guías fué aumentada por la necesidad de traducir la mayor parte de ellas a varios idiomas para mayor facilidad de los Congresistas que visitaron nuestra patria. De la organización de todo este trabajo se ocupó el Vocal del Instituto Geológico, Sr. Gorostizaga.

El costo de la impresión de las Guías resultó un tanto elevado, debido a la naturaleza de la publicación y al escaso tiempo de que se disponía; pero hemos conseguido poner a la disposición de nuestros visitantes una completa biblioteca geológica española, cubriendo así una laguna muy sensible. Estas Guías, que por sí solas constituyen una patente demostración del adelanto de las artes gráficas españolas, serán de enorme utilidad, aun después del Congreso, para cuantos Geólogos o Ingenieros de Minas visiten nuestra patria.

Razones de falta de tiempo y grandes dificultades con los traductores, nos han impedido el poder publicar en idiomas extranjeros la serie completa de libros guías, como fué desde el principio nuestra intención.

No es necesario insistir sobre lo difícil de encontrar traductores que, además de conocer el idioma correspondiente, tengan suficientes conocimientos geológicos para emprender traducciones científicas de este género.

Nada mejor que el siguiente cuadro estadístico puede dar idea del trabajo inherente a la publicación de las Guías del Congreso de Madrid.

GUÍAS GEOLÓGICAS

GUÍAS	Español Páginas	Francés Páginas	Inglés Páginas	Alemán Páginas
A - 1.....	256	270	»	»
A - 2.....	160	170	170	»
A - 3.....	138	147	141	»
A - 4.....	201	»	»	»
A - 5.....	142	»	»	»
A - 6.....	67	71	67	»
A - 7.....	119	123	»	»
B - 1.....	107	102	»	»
B - 2.....	46	47	»	»
B - 3.....	104	»	»	»
C - 1.....	106	108	»	»
C - 2.....	28	»	»	»
C - 3.....	213	»	»	»
C - 4.....	216	214	»	»
C - 5.....	125	113	»	»
X - 1.....	78	»	»	»
X - 2.....	139	145	143	139
X - 3.....	151	163	»	154
X - 4.....	155	»	»	»
X - 5.....	150	155	»	»
X - 6.....	46	46	»	»
TOTALES...	2.747	1.894	521	293

En total, la publicación de las Guías geológicas comprende 5.455 páginas impresas, con 114 planos y cortes geológicos, 441 láminas de fotografías y 226 grabados intercalados en el texto.

Resumen de las comunicaciones anunciadas al Congreso

Para facilitar las discusiones en las distintas Secciones en que estaba dividido el Congreso, se repartió, en la inauguración del mismo, a todos sus miembros, un volumen que contenía el resumen de cuantas Memorias se iban a leer en el Congreso.

Este volumen, editado en español, francés, inglés y alemán, tenía 228 páginas de texto.

CAPÍTULO III

El Congreso de Madrid

XIV CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL

CONSEJO

Antiguos Presidentes: A. Karpinsky, J. Lebacqz.

Presidente: C. Rubio.

Secretario general: E. Dupuy de Lôme.

Vicepresidentes:

Alemania: J. F. Pompecky, E. Kaiser, J. P. Krusch.

Angola: A. Borges, F. d'Oliveira Mouta.

Argentina: J. M. Sobral, R. Rigal.

Australia: Sir J. S. Flett, J. W. Gregory.

Austria: C. Doelter.

Bélgica: P. F. J. Fourmarier, A. Renier.

Bulgaria: S. Boncev.

Canadá: E. R. Faribault.

Chile: A. Pardo Correa.

China: I. C. Sun.

Colonias francesas: A. Jacob.

Costa de Oro: A. E. Kitson.

Cuba: V. Kindelán.

Dinamarca: V. Madsen.

Egipto: H. Sadek. M. B. El Chourbagy Bey.

Ecuador: C. A. Naveda.

España: L. Fernández Navarro, E. Gullón, E. Hernández

Pacheco, V. Kindelán, J. Ruiz Valiente.

Estados Unidos de América: H. G. Ferguson, M. I. Goldman, D. F. Hewett, A. C. Lawson, G. P. Merrill, E. O. Ulrich, J. F. Kemp, C. K. Leith, H. F. Bain, W. C. Wrather, E. B. Mathews.

Finlandia: J. J. Sederholm.

Francia: C. Depéret, L. Bertrand, E. Cayeux, E. Haug, E. de Margerie, E. Raguin, P. M. Termier.

Gran Bretaña: Sir J. S. Flett, J. W. Gregory, J. A. Howe, W. J. Sollas.

Guatemala: E. Traumann.

Honduras: E. Manrique de Lara.

Hungría: Barón F. Nopcsa, G. de László.

India: L. L. Fermor.

Japón: Y. Oinouye.

Letonia: E. Kraus.

Méjico: G. Vivar.

Noruega: O. Holtedahl.

Panamá: M. Lasso de la Vega.

Países Bajos: H. A. Brouwer, P. Tesch.

Polonia: J. Morozewicz, J. Nowak.

Portugal: A. Borges, F. d'Oliveira Mouta, A. Oliveira Machado.

Rusia: D. Mouchkétoff.

Rodesia del Sur: H. B. Maufe.

Rumania: G. Macovei.

Suecia: A. Gavelin, K. A. Grönwall.

Sudán: G. W. Grabham.

Checoeslovaquia: H. Apfelbeck, C. Purkyne.

Turquía: A. Malik.

Unión de África del Sur: A. E. Hall.

Uruguay: B. Fernández y Medina.

CONGRESISTAS

I

Lista general alfabética

CONGRESISTAS

I.—Lista general alfabética

ABÁSOLO (J. M. ^a de).....	España.
ABÁSOLO (Sra. de).....	España.
ABBAD Y BONED (M.).....	España.
ABBAD Y BONED (J. M. ^a).....	España.
ABENDANON (Ed. C.).....	Holanda.
<i>Academia de Ciencias de Córdoba</i>	España.
<i>Academia de Ciencias de Zaragoza</i>	España.
<i>Academia de Ingenieros Militares</i>	España.
<i>Academy of Natural Sciences of Philadelphia</i> . E. U. N. A.	
AGUILAR-AMAT Y BANÚS (J. B. de).....	España.
AGUILAR Y SANTILLÁN (R.).....	Méjico.
AGUIRRE (M.).....	España.
AGUIRRE Y CARBONELL (R.).....	España.
ALCOCK (F. J.).....	Canadá.
ALDECOA Y JIMÉNEZ (P.).....	España.
ALEXEJEW (A.).....	Rusia.
ALFARO Y CORDÓN (J.).....	España.
ALMA (F. H.).....	Alemania.
ALONSO Y GARCÍA (C.).....	España.
ALONSO MARTÍNEZ (L.).....	España.
ALTOLAGUIRRE Y DUVALE (A. de)	España.

ALVARADO Y MEDINA (A. de).....	España.
AMBRONN (R.).....	Alemania.
<i>American Association of Petroleum Geologists.</i>	E. U. N. A.
<i>American Geographical Society</i>	E. U. N. A.
AMI (H. M.).....	Canadá.
AMIGÓ GARCÍA (N.).....	España.
ANDRESEN (J. C.).....	Noruega.
ANGELIS D'OSSAT (G. de).....	Italia.
ANGENHEISTER (G.).....	Alemania.
AÑORGA (Conde de).....	España.
APFELBECK (H.).....	Checoeslovaquia.
ARAMBURU Y LUQUE (J.).....	España.
ARANGO Y ARANGO (J.).....	España.
ARANGUREN COLL (P.).....	España.
ARCTOWSKI (H.).....	Polonia.
ARCTOWSKI (Sra. de).....	Polonia.
ARÉVALO Y CARRETERO (C.).....	España.
ARGAND (E.).....	Suiza.
ARISQUETA Y DE LA QUINTANA (J.).....	España.
ARIZA Y ECHAZARRETA (R.).....	España.
ARLT (H.).....	Alemania.
ARRIOLA Y DULCE (E.).....	España.
ARROJO Y CEA (L.).....	España.
ARRUCHE (C.).....	España.
ARSINOV (W.).....	Rusia.
ASHLEY (G. H.).....	E. U. N. A.
ASHLEY (Sra. de).....	E. U. N. A.
<i>Asociación de Ingenieros Agrónomos</i>	España.
<i>Asociación de Ingenieros de Caminos</i>	España.
<i>Asociación de Ingenieros Industriales</i>	España.
<i>Asociación de Ingenieros de Montes</i>	España.
ASSELBERGHHS (Et.).....	Bélgica.
<i>Associazione Mineraria Italiana</i>	Italia.

ASTRÉE (G.).....	Francia.
ATANASIU (I.).....	Rumania.
<i>Ateneo de Gerona</i>	España.
AUBEL (R. van).....	Bélgica.
AULET (E.).....	España.
AULICH (P.).....	Alemania.
<i>Ayuntamiento de Olot</i>	España.
AZCONA (Sra. de).....	España.
AZPEITIA Y MOROS (F.).....	España.
BACKLUND (H. G.).....	Suecia.
BAECKSTRÖM (A.).....	Suecia.
BAILEY (E. B.).....	Inglaterra.
BAILEY (Sra. de).....	Inglaterra.
BAIN (H. F.).....	E. U. N. A.
BAIN (Sra. d.).....	E. U. N. A.
BALSEYRO (I.).....	España.
BALSOLA Y MENCHACA (J.).....	España.
BANASTIER BROUAT (H.).....	Francia.
BANDAT (H. von).....	Hungría.
BARANDICA Y AMPUERO (M.).....	España.
BARNES SALINAS (F.).....	España.
BARRAS DE ARAGÓN (F.).....	España.
BARREIRO ZABALA (L.).....	España.
BARROIS (Ch.).....	Francia.
BARTLING (R.).....	Alemania.
BASABE COTONER (L. de).....	España.
BASELGA Y RECARTE (A.).....	España.
BATALLER (R. J.).....	España.
BATEMAN (A. M.).....	E. U. N. A.
BATEMAN (Sra. de).....	E. U. N. A.
BATHER (F. A.).....	Inglaterra.
BAYO Y TIMERHANS (F. E.), Conde de San Jorge....	España.
BEIL (R.).....	Alemania.

BELINFONTE (L. L.)	Inglaterra.
BELL (W. H.)	Inglaterra.
BELTRÁN Y RÓZPIDE (R.)	España.
BENÍTEZ (S.)	España.
BENJUMEA Y CALDERÓN (A.)	España.
BENJUMEA Y BURÍN (J.)	España.
BENOIT (Srta. M.)	España.
BENZINGER (Th.)	Alemania.
BERJANO PRIETO (G.)	España.
BERNAR (E.)	España.
BERNAR (Sra. de)	España.
BERNOULLI (W.)	Bélgica.
BERRY (E. W.)	Perú.
BERTRAND (P. Ch. Ed.)	Francia.
BERTRAND (L.)	Francia.
BERTRAND (Sra. de)	Francia.
BERTHON (L.)	Túnez.
BIGOT (A.)	Francia.
BLOCK (H.)	Alemania.
BLONDEL (F.)	Francia.
BLUMENTHAL (M. M.)	Suiza.
BODART (M. A.)	Bélgica.
BOFILL Y POCH (A.)	España.
BOHDANOWICZ (Ch.)	Polonia.
BÖHM (F.)	Hungría.
BÖHM (Sra. de)	Hungría.
BÖKER (H. E.)	Alemania.
BOLDIREV (A.)	Rusia.
BOLÍVAR (I.)	España.
BOLÍVAR Y PIELTAIN (C.)	España.
BOLÓS (A. de)	España.
BONCEV (S.)	Bulgaria.
BONINE (C. A.)	E. U. N. A.

BORGES (A.)	Portugal.
BORGES (Sra. de)	Portugal.
BORGSTROIN (L. H.)	Finlandia.
BORGSTROIN (Sra. de)	Finlandia.
BORISSIAK (A.)	Rusia.
BORISSIAK (Sra. de)	Rusia.
BORN (A.)	Alemania.
BORN (Sra. de)	Alemania.
BOSCH Y OPPENHEIMER (J. M. ^a)	España.
BOSWELL (P. G. H.)	Inglaterra.
BOURBON (Ch. A.)	Francia.
BOURCART (J. P.)	Francia.
BRAMÃO (V.)	Portugal.
BRETZ (K.)	Alemania.
BRETZ (Sra. de)	Alemania.
BRIEN (V.)	Bélgica.
BROILI (F.)	Alemania.
BROUGHTON-EDGE (A.)	Inglaterra.
BROUWER (H. A.)	Holanda.
BBUCE (E. L.)	Canadá.
BRUCE (Sra. de)	Canadá.
BRUCE (Srta. M. V.)	Canadá.
BRUMBERG (K. G.)	Suecia.
BUEN (R. de)	España.
BUIZA Y LAVÍN (J. L.)	España.
BUNGE (E. M.)	Indias Holandesas.
BURCH SOLANICH, (M.)	España.
BÜTLER, (H.)	Suiza.
BUTTGENBACH (H. J. F.)	Bélgica.
BUXTORF (A.)	Suiza.
CABAÑAS Y BOTÍN (J. M. ^a)	España.
CABRERA DÍAZ (A.)	España.
CAJAL Y PEIRONA (G. F.)	España.

Cámara Oficial Minera de Vizcaya.....	España.
CAMBIER (R. F. J.).....	Bélgica.
CAMENA D'ALMEIDA (P. J.).....	Francia.
CANDEL VILA (R.).....	España.
CARANDELL (J.).....	España.
CARBONELL T.-FIGUEROA (A.).....	España.
CARBONELL T.-FIGUEROA (J.).....	España.
CARDELUS CARRERA (E.).....	España.
CARLBORG (P. A. H.).....	Suecia.
CARVAJAL (E.).....	España.
CASA-DOMEcq (Marqués de).....	España.
CASAÚS Y GARCÍA SAMANIEGO (J.).....	España.
CASTILLO (A. del).....	España.
CASTILLO Y GÓMEZ (W.).....	España.
CASTRO (E.).....	España.
CASTRO BAREA (P.).....	España.
CARSTENS (C. W.).....	Noruega.
CAYEUX (L.).....	Francia.
CEBRIÁN DE BESTEIRO (Srta. D.).....	España.
CENDRERO (O.).....	España.
CENTENO (E.).....	España.
CENTENO (Sra. de).....	España.
Centro Excursionista de Cataluña.....	España.
CERERO Y LUNA (R.).....	España.
CERULLI-IRELLI (S.).....	Italia.
CERRUTI (C.).....	Italia.
CIFUENTES Y PÉREZ DE SALA (A.).....	España.
CINCÚNEGÜI Y GONZÁLEZ CHACÓN (M.).....	España.
CLAPP (F. G.).....	E. U. N. A.
CLELAND (H. F.).....	E. U. N. A.
CLELAND (Sra. de).....	E. U. N. A.
CLOOS (H.).....	Alemania.
CLOSAS MIRALLES (J.).....	España.

COLEMAN (A. Ph.).....	Canadá.
COLOM Y CASASNOVAS (G.).....	España.
Compañía Española de Minas del Rif.....	España.
Compañía Mengemor.....	España.
CONDE Y DÍEZ (E.).....	España.
Confederación Sindical Hidroeléctrica del Ebro.....	España.
Consejo Provincial de Fomento de Oviedo.....	España.
CONTRERAS Y VILCHES (A.).....	España.
Cooperativa de Fluido Eléctrico de Barcelona.....	España.
CORDERO Y LÓPEZ DEL RINCÓN (A.).....	España.
CORIN (F.).....	Bélgica.
CORNET (J.).....	Bélgica.
CORTÁZAR (D.).....	España.
CORUJEDO Y FERNÁNDEZ (E.).....	España.
COULLAUT VALERA (L.).....	España.
CREMA (C.).....	Italia.
CRESPI JAUME (L.).....	España.
CROOKS (H.).....	E. U. N. A.
CUATRECASAS ARUMÉ (J.).....	España.
CUETO Y RUIZ DÍAZ (E.).....	España.
CUSTER (W.).....	Suiza.
CZARNOCKI (J.).....	Polonia.
CHAPUT (J. E.),	Francia.
CHEVALIER (M. R.).....	Francia.
CHMIELEVSKAJA (L.).....	Rusia.
CHOROWER (Ch.).....	Rusia.
CHOURBAGY BEY (M. B. El).....	Egipto.
CHOWN (Srta. Ed.).....	Canadá.
DABÁN VALLEJO (C.).....	España.
DAGUIN (F.).....	Francia.
DAL PIAZ (G.).....	Italia.
Danmarks Geologiske Undersögelse.....	Dinamarca.
DANTÍN CERECEDA (J.).....	España.

DARDER (B.)	España.
DECAT (J.)	Bélgica.
DE GEER (Barón G.)	Suecia.
DELAGE (Ed.)	Francia.
DELÉPINE (G. G.)	Francia.
DEL PINO (V.)	Argentina.
DEMAY (V.)	Francia.
DENAEYER (M. E.)	Bélgica.
DENIS (Th. C.)	Canadá.
DEPÉRET (C.)	Francia.
DESPUJOLS (P.)	Marruecos.
DEWEY (H.)	Inglaterra.
DEWEY (Sra. de)	Inglaterra.
DÍAZ Y CIRUELAS (J. M.)	España.
DÍAZ VALDEPARES (J.)	España.
DIENER (C.)	Austria.
DIENER (Sra. de)	Austria.
DIENST (P.)	Alemania.
DÍEZ DEL CORRAL (J.)	España.
<i>Diputación de Barcelona (Diputado Ponente de Instrucción Pública)</i>	España.
<i>Direcção Geral de Minas</i>	Portugal.
<i>Dirección General de Minas, Geología e Hidrología</i>	Argentina.
<i>Distrito Minero de Barcelona</i>	España.
<i>Distrito Minero de Jaén</i>	España.
<i>Distrito Minero de Madrid</i>	España.
<i>Distrito Minero de Oviedo</i>	España.
DITTMAN (K. E.)	Alemania.
DITTLER (E.)	Austria.
DIXEY (F.)	Inglaterra.
DOBRININ (B.)	Rusia.
DOELTER (C.)	Austria.
DOELTER (Sra. de)	Austria.

DOETSCH (C.)	España.
DOMEcq (M.)	España.
DOMEcq (P.)	España.
DORLODOT (H. de)	Bélgica.
DORLODOT (Barón J. de)	Bélgica.
DORN (A.)	Alemania.
DROGOZ Y DARAGON (L.)	España.
DRUGMAN (J.)	Bélgica.
DRYGALSKI (L. von)	Alemania.
DUCLÓS (G.)	España.
DUFFOUR (A.)	Francia.
DUNY (Ch.)	Francia.
DUPARC (L.)	Suiza.
DUPUY DE LÔME (E.)	España.
DURÁN Y TERRY (M.)	España.
EBELING (P.)	Alemania.
EBELING (Sra. de)	Alemania.
ECHEVARRÍA Y UGARTE (S.)	España.
ECKERMANN (H. von)	Suecia.
ECKERMANN (Sra. de)	Suecia.
<i>Ecole des Mines et de Métallurgie, Faculté Technique du Hainant à Mons</i>	Bélgica.
ENGEL (N.)	Alemania.
ESCOSURA (J. de la)	España.
ESCRIBANO (E.)	España.
<i>Escuela de Capataces de Minas de Mieres, Subdirector</i>	España.
<i>Escuela de Ingenieros Agrónomos</i>	España.
<i>Escuela de Ingenieros Agrónomos, Profesor de Geología Agrícola</i>	España.
<i>Escuela de Ingenieros de Caminos</i>	España.
<i>Escuela de Ingenieros de Caminos, Director</i>	España.
<i>Escuela de Ingenieros Industriales</i>	España.
<i>Escuela de Ingenieros de Montes</i>	España.

<i>Escuela de Ingenieros de Montes, Profesor de Geología.</i>	España.
<i>Escuela de Ingenieros de Montes, Profesor auxiliar de Geología.</i>	España.
<i>Escuela Normal de Maestras de Gerona.</i>	España.
<i>Escuela Normal de Maestros de Gerona.</i>	España.
EVANS (J. W.)	Inglaterra.
FÁBREGA Y COELLO (P.)	España.
<i>Facultad de Ciencias de Barcelona.</i>	España.
<i>Facultad de Ciencias de Zaragoza.</i>	España.
FALLOT (P.)	Francia.
FALLOT (Sra. de)	Francia.
FARIBAULT (E. R.)	Canadá.
FARIBAULT (Sra. de)	Canadá.
FARIBAULT (Srta. P.)	Canadá.
FAURA Y SANS (M.)	España.
FEDOROWSKY (N. M.)	Rusia.
FELGUEROZO GONZÁLEZ (S.)	España.
FERGUSON (H. G.)	E. U. N. A.
FERGUSON (Sra. de)	E. U. N. A.
FERMOR (L. L.)	Inglaterra.
FERNÁNDEZ AGUILAR (Srta. M.ª del P.)	España.
FERNÁNDEZ AGUILAR (R.)	España.
FERNÁNDEZ ASCARZA (V.)	España.
FERNÁNDEZ DE CALEYA (C.)	España.
FERNÁNDEZ DE CALEYA (J. F.)	España.
FERNÁNDEZ HONTORIA (R.)	España.
FERNÁNDEZ E IRUEGAS (P.)	España.
FERNÁNDEZ Y MEDINA (B.)	Uruguay.
FERNÁNDEZ Y MENÉNDEZ (J.)	España.
FERNÁNDEZ Y MENÉNDEZ VALDÉS (A.)	España.
FERNÁNDEZ MIRANDA (E.)	España.
FERNÁNDEZ NAVARRO (L.)	España.
FERNÁNDEZ VALBUENA (M.)	España.

FERRANDO MÁS (P.)	España.
FERRAZ DE CARVALHO (A.)	Portugal.
FERRER SENSAT (Srta. M.ª de los A.)	España.
FÈVRE (L. F.)	Francia.
FIGÓLS (Conde de)	España.
FLETT (Sir J. S.)	Inglaterra.
FLEURY (E.)	Portugal.
FLIEGEL (G.)	Alemania.
FOLCH Y GIRONA (J.)	España.
FOLUSIEWICZ (A.)	Polonia.
FOLUSIEWICZ (Sra. de)	Polonia.
FONRODONA Y DOMENECH (F.)	España.
FORRAT Y SOLDEVILLA (L.)	España.
FOSLIE (S.)	Noruega.
FOSLIE (Sra. de)	Noruega.
FOURMARIER (P. F. J.)	Bélgica.
FRASSER LAWTON (F.)	España.
FRIEDLAENDER (I.)	Italia.
FRÖDIN (G.)	Suecia.
GAEBERT (C.)	Alemania.
GAEBERT (Sra. de)	Alemania.
GALBIS RODRÍGUEZ (J.)	España.
GALOPIN (A.)	Bélgica.
GÁLVEZ CAÑERO (A. de)	España.
GÁMIR Y ESPINA (L.)	España.
GÁMIR Y PRIETO (E.)	España.
GARCÍA AGUSTÍN (M.)	España.
GARCÍA ALVAREZ (C.)	España.
GARCÍA BELLIDO (J.)	España.
GARCÍA CARRASCO (Srta. P.)	España.
GARCÍA ESTÉVEZ (J.)	España.
GARCÍA FEO (C.)	España.
GARCÍA GÁNDARA (G.)	España.

GARCÍA LAGO (M.)	España.
GARCÍA LOMAS (G. A.)	España.
GARCÍA Y LÓPEZ (D.)	España.
GARCÍA LOYGORRI Y MURRIETA (A.)	España.
GARCÍA MAURIÑO (C.)	España.
GARCÍA MERCADAL (J.)	España.
GARCÍA PEÑA (M.)	España.
GARCÍA PUELLES (E.)	España.
GARCÍA SIÑÉRIZ (J.)	España.
GARCÍA VELÁZQUEZ (P.)	España.
GARDNER (Sra. J.)	E. U. N. A.
GARNICA Y ECHEVARRÍA (G.)	España.
GASTARDI (E.)	España.
GAVALA LABORDE (J.)	España.
GAVELIN (A.)	Suecia.
GAYTÁN DE AYALA (M.)	España.
GEIJER (P.)	Suecia.
<i>Gelsenkirchen Bergwerk</i> (A. G.)	Alemania.
<i>Geographisches Institut der Universität Tübingen.</i>	Alemania.
<i>Geological Survey of Sudan.</i>	Sudán.
GEORGALAS (G.)	Grecia.
GERTH (H.)	Holanda.
GIGNOUX (M.)	Francia.
GIL (R.)	España.
GIL PERALTA (Srta. J.)	España.
GIL DE RAMALES (J.)	España.
GIMÉNEZ DE AGUILAR Y CANO (J. J.)	España.
GIMENO Y CONCHILLOS (A.)	España.
GLANGUEAUD (L.)	Francia.
GLINZ	Alemania.
GLINZ (Sra. de)	Alemania.
GOETEL (W.)	Polonia.
GOETZ (C.)	Alemania.

GOETZ (Sra. de)	Alemania.
GOETZ-PHILIPPI (R.)	España.
GOETZ-PHILIPPI (Sra. de)	España.
GOLDMAN (M. I.)	E. U. N. A.
GOLDMAN (Sra. de)	E. U. N. A.
GÓMEZ (A.)	España.
GÓMEZ, S. J., (E.)	España.
GÓMEZ Y ALVAREZ ACEVEDO (M.)	España.
GÓMEZ IZQUIERDO (V. M.)	España.
GÓMEZ DE LLARENA (J.)	España.
GÓMEZ LLUECA (F.)	España.
GÓMEZ ROJAS (F.)	España.
GÓMEZ SOUZA (A.)	España.
GÓMEZ TORGÀ (J.)	España.
GONDRA (J. L. de)	España.
GONDRA Y LAZÚRTEGUI (R.)	España.
GONIN (F.)	España.
GONZÁLEZ FRAGOSO (R.)	Francia.
GONZÁLEZ LLANA (E.)	España.
GONZÁLEZ NICOLÁS (A.)	España.
GONZÁLEZ REGUERAL (D.)	España.
GONZALO GARRIDO (J.)	España.
GORNICK (H.)	Alemania.
GORNICK (Sra. de)	Alemania.
GOROSTÍZAGA (J. de)	España.
GOROSTÍZAGA (Sra. de)	España.
GORTANI (M.)	España.
GOSÁLVEZ (V.)	Italia.
GÖTZINGER (G.)	España.
GRABHAM (G. W.)	Austria.
GRAHAM TOLER (J.)	Sudán.
GREGORY (J. W.)	España.
GREGORY (Srta. U. J.)	Inglaterra.
	Inglaterra.

GREIM (G.)	Alemania.
GRIGORIEV (J.)	Rusia.
GRIGOROVITSCH-BERESOVSKY (N. A.)	Rusia.
GRÖNWALL (K. A.)	Suecia.
GUARDIOLA Y SAURA (R.)	España.
GUASCH Y JUAN (P.)	España.
GUÉRASTIMOV (A.)	Rusia.
GUERÍN VENTURA (M.)	España.
GUERRA MARRERO (F.)	España.
GUEZALA E IGUAL (F. de)	España.
GUIRAL STERLING (Srta. D.)	Cuba.
GULLÓN Y DABÁN (E.)	España.
GURICH (G.)	Alemania.
GUTIÉRREZ GÁNDARA (G.)	España.
GUTZWILLER (O.)	Suiza.
HAARMANN (E.)	Alemania.
HACKMAN (V. A.)	Finlandia.
HADDING (A.)	Suecia.
HADDING (Sra. de)	Suecia.
HALL (A. L.)	Unión de Africa del Sur.
HALL (G. M.)	E. U. N. A.
HAMBERG (A.)	Suecia.
HAMBERG (Sra. de)	Suecia.
HAMIL (J.)	Francia.
HARBORT (E.)	Alemania.
HARBORT (Sra. de)	Alemania.
HART (G.)	E. U. N. A.
HASEBRINCK (A.)	Alemania.
HASELDEN (J.)	España.
HAUG (E.)	Francia.
HAUSER Y NEUBURGER (E.)	España.
HAYNES (W.)	E. U. N. A.
HEIMBRODT (F.)	Alemania.

HELBIG (A.)	Alemania.
HELBIG (Sra. de)	Alemania.
HELLMANN (F.)	E. U. N. A.
HELLMANN (Sra. de)	E. U. N. A.
HEMPELMANN (E.)	Alemania.
HEMPELMANN (Sra. de)	Alemania.
HENKE (W.)	Alemania.
HENNIG (Ed.)	Alemania.
HERDSMAN (W. H.)	Inglaterra.
HEREZA Y ORTUÑO (J.)	España.
HERMANN (A.)	Francia.
HERMANN (J.)	Francia.
HERNÁNDEZ PACHECO (E.)	España.
HERNÁNDEZ PACHECO (F.)	España.
HERNÁNDEZ RAMOS (J.)	España.
HERNÁNDEZ SAMPELAYO (P.)	España.
HEWETT (D. F.)	E. U. N. A.
HEWETT (Sra. de)	E. U. N. A.
HOLTEDAHL (O.)	Noruega.
HOLZMANN (C. F.)	Alemania.
HORWITZ (L.)	Polonia.
HOWE (J. A.)	Inglaterra.
HSICH (C. Y.)	China.
HUBERT (M. H.)	Africa Occidental Francesa.
HUCKE (K.)	Alemania.
HUDSON (R. G. S.)	Inglaterra.
<i>Hulleras del Sabero y Anexas, S. A.</i>	España.
HUPKES (L.)	Holanda.
HYDE (J. E.)	E. U. N. A.
IBARRA MÉNDEZ (R.)	España.
IBRÁN (M.)	España.
ICHIKAWA (Sh.)	Japón.
IDENBURG (A.)	Holanda.

INGLADA ORS (V.)	España.
INOUE (K.)	Japón.
<i>Institución Catalana de Historia Natural</i>	España.
<i>Institut de Géologie, Université de Liège</i>	Bélgica.
<i>Institut de Géologie appliquée de l'Université de Nancy</i>	Francia.
<i>Institut Géologique et Minéralogique de l'Université de Lund</i>	Suecia.
<i>Institut Géologique de Roumanie</i>	Rumania.
<i>Instituto General y Técnico de Valencia</i>	España.
<i>Instituto Geológico de España</i>	España.
<i>Instituto Geológico de Méjico</i>	Méjico.
<i>Instituto Nacional de Segunda Enseñanza de Zaragoza</i>	España.
ISSATCHENKO (B.)	Rusia.
<i>Istituto Sperimentale delle Ferrovie dello Stato</i>	Italia.
JACOB (A.)	Francia.
JAFFÉ (R.)	Alemania.
JÉRÉNIME (Sra. E.)	Rusia.
JILLSON (W. R.)	E. U. N. A.
JILLSON (Sra. de)	E. U. N. A.
JIMÉNEZ CROZAT (Sra. M. ^a V. ^a)	España.
JIMÉNEZ DE CISNEROS (D.)	España.
JOHNSON (J. H.)	E. U. N. A.
JOHNSTON (Srta. M. S.)	Inglaterra.
JORDANA Y SOLER (L.)	España.
JORGE Y LÓPEZ (E. de)	España.
JUNG (J.)	Francia.
JUNG (Sra. de)	Francia.
JÜNGST (F.)	Polonia.
JUNQUERA Y BLANCO (G.)	España.
<i>Junta de Ciencias Naturales de Barcelona, Museo de Geología</i>	España.

<i>Junta de Obras del Puerto de Ceuta</i>	España.
<i>Junta de Obras del Puerto de Huelva</i>	España.
<i>Junta de Pensiones para Ingenieros y Obreros</i>	España.
KAESNACHER (C.)	España.
KAISSER (E.)	Alemania.
KARPINSKY (A.)	Rusia.
KARPINSKY (Sra. E. T.)	Rusia.
KEGEL (W.)	Alemania.
KEGEL (Sra. de)	Alemania.
KEILHAIK (K.)	Alemania.
KEMP (J. F.)	E. U. N. A.
KEMP (Sra. de)	E. U. N. A.
KETTNER (R.)	Checoeslovaquia.
KEUTHER (J.)	Alemania.
KEYES (Ch.)	E. U. N. A.
KINDELÁN Y DE LA TORRE (V.)	España.
KITSON (A. E.)	Costa de Oro.
KNECHTEL (M. M.)	E. U. N. A.
KODYN (O.)	Checoeslovaquia.
KÖNIGSBERGER (J. G.)	Alemania.
KOLDERUP (N. H.)	Noruega.
KOLIHA (J.)	Checoeslovaquia.
KONIC (Srta. St.)	Polonia.
KOSSMAT (F.)	Alemania.
KRAHMANN (M.)	Alemania.
KRAHMANN (Sra. de)	Alemania.
KRAHMANN (R.)	Alemania.
KRAUSE (P. G.)	Alemania.
KRAUSS (E.)	Letonia.
KRENKEL (E.)	Alemania.
KREUTZ (St.)	Polonia.
KRUSCH (J. P.)	Alemania.
KTÉNAS (C. A.)	Grecia.

KUKUK (P.)	Alemania.
KUNZ (G. F.)	E. U. N. A.
KUTASSY (E.)	Hungría.
KUZNIAR (C.)	Polonia.
<i>Laboratoire de Géographie Physique de la Faculté des Sciences (Sorbonne), de Paris</i>	Francia.
<i>Laboratoire de Geología du Collège de France</i>	Francia.
<i>Laboratorio de Ingenieros Militares</i>	España.
LACAZETTE Y THIEBAUT (F.)	España.
LACROIX (A.)	Francia.
LAHEE (F. H.)	E. U. N. A.
LAMARE (P. J. H.)	Francia.
LAMOTHE (L. de)	Francia.
LANE (A. Ch.)	E. U. N. A.
LANGENHEIM (Ad. P.)	Alemania.
LANGREO Y CONTRERAS (M.)	España.
LANTENOIS (H. F.)	Francia.
LARRAGÁN Y ALFARO (A.)	España.
LASSO DE LA VEGA (M.)	Panamá.
LÁSZLÓ (G. de)	Hungría.
LAWSON (A. C.)	E. U. N. A.
LÁZARO URRA (J.)	España.
LEBACQZ (J.)	Bélgica.
LEBACQZ (Sra. de)	Bélgica.
LEBEDEW (N. J.)	Rusia.
LEFÈVRE (Srta. M. A.)	Bélgica.
LEGRAYE (M. P. H.)	Bélgica.
LEITH (C. K.)	E. U. N. A.
LEITH (Sra. de)	E. U. N. A.
LENCEWICZ (St.)	Polonia.
LEPRINCE-RINGUET (F.)	Francia.
LERICHE (M. H. Ch.)	Bélgica.
LÉROUX (J.)	Francia.

LÉROUX (Srta. S.)	Francia.
LEVENFELD Y SPENCER (A.)	España.
LEZAMA LEGUIZAMÓN (L.)	España.
LIND (J. G.)	E. U. N. A.
LINNARTZ (L.)	España.
LISSON (C. I.)	Perú.
LITTLE (O. H.)	E. U. N. A.
LITTLE (Sra. de)	E. U. N. A.
LÓCZY (L. de)	Hungría.
LOEWISON-LESSING (F.)	Rusia.
LOEWISON-LESSING (Sra. de)	Rusia.
LONDERBACK (G. D.)	E. U. N. A.
LÓPEZ CALLEJA (J. M.)	España.
LÓPEZ MANDULEY (M.)	España.
LÓPEZ MATEOS (J. A.)	España.
LÓPEZ OÑATE (A.)	España.
LÓPEZ SALAZAR (D.)	España.
LÓPEZ SÁNCHEZ AVECILLA (C.)	España.
LÓPEZ SOLER (J.)	España.
LORENZO PARDO (M.)	España.
LOTZ (H.)	Alemania.
LOWE (E. N.)	E. U. N. A.
LOZANO REY (L.)	España.
LUECK (H.)	Alemania.
LUGÉON (M.)	Suiza.
LUNA Y MARTÍNEZ VIADEMONTE (J.)	España.
LUNIEWSKI (A.)	Polonia.
MAC DONELL (J. A.)	E. U. N. A.
MACLEOD (W. A.)	Inglaterra.
MACOVEI (G.)	Rumania.
MACOVEI (Sra. de)	Rumania.
MAC ROBERT (Lady)	India.
MACHADO E COSTA (Al. d'O.)	Portugal.

MACHIMBARRENA (R.)	España.
MADARIAGA (J.)	España.
MADARIAGA Y ROJO (C.)	España.
MADARIAGA Y ROJO (R.)	España.
MADDALENA (L.)	Italia.
MADSEN (V.)	Dinamarca.
MAESTRE Y TARDÍO (S.)	España.
MAIMÓ BOLET (J.)	España.
MAITLAND (A. G.)	Australia.
MALAGRIDA (M.)	España.
MALIAVKIN (S.)	Rusia.
MALIK (Ah.)	Turquía.
MALYE Y THOMAS (A.)	España.
MAMOUROVSKIJ (A. A.)	Rusia.
MANRIQUE DE LARA (E.)	Honduras.
MARCET RIBA (J.)	España.
MARGERIE (Em. de)	Francia.
MARIGNAC (Sra. O.)	Francia.
MARÍN Y BELTRÁN DE LIS (A.)	España.
MARÍN Y HERVÁS (A.)	España.
MARÍN LANZOS (A.)	España.
MARSHALL (P.)	Nueva Zelanda.
MARTÍN (Srita. B. E.)	España.
MARTÍN (F. O.)	E. U. N. A.
MARTÍN CARDOSO (G.)	España.
MARTÍN PEINADOR (L.)	España.
MARTÍNEZ ROCA (J.)	España.
MARTÍNEZ DE VELASCO (A.)	España.
MASSENET Y CABANÉS (A.)	Francia.
MASSENHOVE (H. van)	Bélgica.
MATA Y MARTÍ (C.)	España.
MATHET Y RODRÍGUEZ (G. P.)	España.
MATHEWS (Ed. B.)	E. U. N. A.

MATHEWS (Sra. de)	E. U. N. A.
MATHEWS (Srta. M.)	E. U. N. A.
MATLEY (Ch. A.)	Inglaterra.
MATLEY (Sra. de)	Inglaterra.
MATOUSEK (O.)	Checoeslovaquia.
MAUFE (H. B.)	Rodesia del Sur.
MAURICE (J.)	Francia.
MAURITZ (B.)	Hungría.
MAURITZ (Sra. de)	Hungría.
MAURY (J.)	Francia.
MAURY Y URIBE (A.)	España.
MAYBOLL (F.)	España.
MAYORGA BRIONES (A.)	España.
MAZARRASA Y QUINTANILLA (J. M.)	España.
MEFFERT (B.)	Rusia.
MEKEL BRANDAN (J.)	Holanda.
MENDIZÁBAL (J., Conde de Peñaflorida)	España.
MENÉNDEZ PUGET (L.)	España.
MERCIAI (G.)	Italia.
MERENSKI (H.)	Alemania.
MERINO Y ALVAREZ (A.)	España.
MERRILL (G. P.)	E. U. N. A.
MESA RAMOS (J.)	España.
MESEGUER Y PARDO (J.)	España.
METIANU (T. I.)	Rumania.
METIANU (Sra. de)	Rumania.
MICHELSON (S.)	Inglaterra.
MICHOT (P.)	Bélgica.
MICHOTTE (P. L.)	Bélgica.
MILÁNS DEL BOSCH (J.)	España.
MILLER (B. L. R.)	E. U. N. A.
MILON (I.)	Francia.
<i>Minas de Riotinto (Director)</i>	España.

<i>Minas de Tharsis</i> (Director).....	España.
<i>Mineralogic Department of the Magyar Nemzeti Múzeum</i>	Hungría.
<i>Mineralogicky Uslav, Masarikwy University V. Brne</i>	Checoeslovaquia.
MIR Y CLAPÉS (N.).....	España.
MOLENGRAAFF (G. A. F.)	Holanda.
MONSERRAT (J. S.).....	España.
MONTAG (E.).....	Inglaterra.
MONTENEGRO E IRISARRI (A.).....	España.
MOORE (E. S.).....	Canadá.
MOORE (Sra. de).....	Canadá.
MOORE Y DE PEDRO (R.).....	España.
MORA (A.).....	España.
MORALES Y DE LAS POZAS (G.).....	España.
MOROZEWICZ (J.).....	Polonia.
MOUCHKÉTOFF (D.).....	Rusia.
MOUCHKÉTOFF (Sra. de).....	Rusia.
MOUCHKÉTOFF (Srta. H.).....	Rusia.
MOURE (G. J.).....	Francia.
MOYA Y GASTÓN DE IRIARTE (M.).....	España.
MRAZEE (L.).....	Rumania.
MULES (J. C. G.).....	Inglaterra.
MÜLLER (H.).....	Alemania.
MÜLLER (Sra. de).....	Alemania.
MÜLLER (W.).....	Alemania.
MUÑOZ Y GARCÍA LOMAS (G.).....	España.
MURAKAMI (H.).....	Japón.
<i>Musée du Congo Belge</i>	Bélgica.
<i>Museo Nacional de Historia Natural «Bernardino Rivadavia»</i> (Buenos Aires).....	Argentina.
MUSTIN (V.).....	Bélgica.
NACHER VIVAR (P.).....	España.

NASH (J. M. W.).....	Holanda.
NAVARRO NEUMANN, S. J. (M. M. ^a S.)	España.
NAVAS, S. J. (L.).....	España.
NAVEDA (C. A.).....	Ecuador.
NICOU (P.).....	Francia
NIKIFOROV (P.).....	Rusia.
NOBLE (L. F.).....	E. U. N. A.
NODA (S.).....	Japón.
NOEL (Sra. E. F.).....	Inglaterra.
NOPCSA (Barón F.).....	Hungría.
NOVELLA VALERO (J.)	España.
NOVO Y F. CHICARRO (P. de).....	España.
NOWAK (J.).....	Polonia.
OBERMAIER (H.).....	España.
<i>Observatorio Astronómico, Madrid</i>	España.
<i>Observatorio Meteorológico, Madrid</i>	España.
OEBBEKE (K.)	Alemania.
OEHMICHEN (H.).....	Alemania.
O'GORMAN (Conde de)	Francia.
OGURA (I.)	Japón.
OINOUYE (Y.).....	Japón.
OLIVEIRA MOUTA (F. d').....	Portugal.
OLIVEIRA MOUTA (Sra. de)	Portugal.
OPPENHEIM (P.).....	Alemania.
OPPENHEIMER (J.).....	Checoeslovaquia.
ORIOL GARCÍA DE LOS RÍOS (R.).....	España.
ORTI SERRANO (C.).....	España.
ORTIZ (L.).....	España.
O'SHEA Y VERDES MONTENEGRO (G.).....	España.
ORUETA Y DUARTE (D.).....	España.
OULIANOFF (N.)	Suiza.
PALACIOS GUTIÉRREZ (J.).....	España.
PALACIOS GUTIÉRREZ (Sra. de)	España.

PALACHE (Ch.)	E. U. N. A.
PALET Y BARBA (D.)	España.
PALOMO (F. de B.)	España.
PANNEKOEK VAN RHEDEN (J. J.)	Holanda.
<i>Pantano del Guadalmellato (Director del)</i>	España.
PAPP (K. von)	Hungría.
PAPP (Sra. de)	Hungría.
PARDO (L.)	España.
PARDO CORREA (A.)	Chile.
PATAC Y PÉREZ (I.)	España.
PAVAI VAJNA (F.)	Hungría.
PAVLLOW (A. W.)	Rusia.
PAVLLOW (A. P.)	Rusia.
PAVLLOW (Sra. de A. P.)	Rusia.
PELLA Y FORGAS (P.)	España.
PELlico Y RAMOS (M.)	España.
PENROSE (R. A. F.)	E. U. N. A.
PEÑA Y BRAÑA (L. de la)	España.
PÉREZ DE BARRADAS (J.)	España.
PÉREZ CONESA (J.)	España.
PÉREZ DÍAZ (A.)	España.
PÉREZ Y MEGÍA (V.)	España.
PERREAU (L.)	Bélgica.
PETRASCHECK (W.)	Austria.
PETRASCHECK (Sra. de)	Austria.
PFENDER (Sra. J.)	Francia.
PIETZSCH (K.)	Alemania.
PINEDA Y SÁNCHEZ OCAÑA (E. de)	España.
PINTADO Y CARRANZA (F.)	España.
PIZARRO Y CORTÉS (C.)	España.
PLA CARGOL (J.)	España.
PLOTTON-VILLEMAGNE (B.)	Francia.
POLIAKOFF (B.)	Bélgica.

POMPECKJ (J. F.)	Alemania.
PONTE Y MANSO DE ZÚÑIGA (F.)	España.
POPESCU-VOITESTI (I.)	Rumania.
PORTIS (A.)	Italia.
POWERS (S.)	E. U. N. A.
POWERS (Sra. de)	E. U. N. A.
PRATS Y GARCÍA OLALLA (J.)	España.
PRATT (W. E.)	E. U. N. A.
PRIETO Y CARRASCO (R. M. ^a)	España.
PRUVOST (P. E.)	Francia.
PRUVOST (Sra. de)	Francia.
PSOTTA (H.)	Alemania.
PUEYO (L.)	España.
PUIG DE LA BALLACASA (N.)	España.
PUIG DE LA BALLACASA (Sra. de)	España.
PURKERT (R.)	Austria.
PURKYNE (C.)	Checoeslovaquia.
PUTNAM (P. C.)	E. U. N. A.
QUENSEL (P. D.)	Suecia.
QUENSEL (Sra. de)	Suecia.
QUEREJETA Y GOENA (M.)	España.
QUIJANO Y DE LA COLINA (R.)	España.
QUIRKE (T. Th.)	E. U. N. A.
RACHENEUR (F.)	Bélgica.
RADZITSKY D'OSTROWICK (Barón J. de)	Bélgica.
RAGUIN (E.)	Francia.
RAISIN (Srta. C. A.)	Inglaterra.
RAISTRICK (A.)	Inglaterra.
RAMDOHR (P.)	Alemania.
RANGE (P.)	Alemania.
RANSOME (F. L.)	E. U. N. A.
RAUW (H. J. S.)	Bélgica.
RAYMOND (J. A.)	Bélgica.

<i>Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales</i>	España.
<i>Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona</i> ..	España.
<i>Real Compañía Asturiana de Minas</i>	España.
<i>Reale Società Geografica Italiana</i>	Italia.
<i>Reale Ufficio Geologico</i>	Italia.
REDLICH (K. A.).....	Checoeslovaquia.
REDLICH (Sra. de).....	Checoeslovaquia.
REINA MOÑINO (G.).....	España.
REINECKE (A.).....	Alemania.
REINHARD (M.).....	Suiza.
REINHOLD (Th.).....	Holanda.
RENIER (A.).....	Bélgica.
RENNGARTEN (W.).....	Rusia.
REYNDERS (J. V. W.).....	E. U. N. A.
REY PASTOR (A.).....	España.
RIVED REVILLA (F.).....	España.
RICA (F. de la).....	España.
RICHET (E.).....	Congo Belga.
RICHTER (R.).....	Alemania.
RICKARD (Th. A.).....	E. U. N. A.
RICKARD (Sra. de).....	E. U. N. A.
RIES (H.).....	E. U. N. A.
RIGAL (R.).....	Argentina.
RINNE (F.).....	Alemania.
RIO Y VALARINO (G. del).....	España.
RIOJA LO BIANCO (E.).....	España.
ROBERTS (J.).....	Inglaterra.
ROCASOLANO (A. de G.).....	España.
RODRIGÁNEZ Y SÁNCHEZ-GUERRA (I.).....	España.
RODRIGO JIMÉNEZ (R.).....	España.
RODRIGUES D'ASCSENSAO (J.).....	Portugal.
RODRÍGUEZ (B.).....	España.

RODRÍGUEZ ARANGO (C.).....	España.
RODRÍGUEZ BOLONIO (Srta. J.).....	España.
RODRÍGUEZ GONZÁLEZ (A.).....	España.
RODRÍGUEZ Y GUTIÉRREZ (A.).....	España.
RODRÍGUEZ MOURELO (J.).....	España.
RODRÍGUEZ PINILLA (H.).....	España.
ROEMER (F.).....	España.
ROGALA (W.).....	Polonia.
ROGERS (A. W.).....	Unión de África del Sur.
ROLANDI Y PERA (B.).....	España.
ROLLIER (H. L.).....	Suiza.
ROMERO ORTIZ DE VILLACIÁN (J.).....	España.
RÖSSNER (O.).....	Checoeslovaquia.
ROSSBACK (E. J.).....	E. U. N. A.
RÖSSBACH (H.).....	Checoeslovaquia.
ROTAECHE (R. de).....	España.
ROVERETO (G.).....	Italia.
ROYO Y GÓMEZ (J.).....	España.
ROZEN (Z.).....	Polonia.
RUANO (F.).....	España.
RUBIO Y MUÑOZ (C.).....	España.
RUBIO Y MUÑOZ (J. M.).....	España.
RUBIO Y SANDOVAL (E.).....	España.
RUEDA E IBÁÑEZ (F. de).....	España.
RUIZ FALCÓ (M.).....	España.
RUIZ SENÉN (V.).....	España.
RUIZ VALIENTE (J.).....	España.
RUS (H.).....	Suecia.
RUSSO (Ph. A. F.).....	Marruecos.
RUTTKAY (U. de).....	Hungría.
RYBOT (N. V. L.).....	Inglaterra.
<i>Riojum College of Engineering</i>	Japón.
SACRISTÁN GONZÁLEZ (J.).....	España.

SACCO (F.)	Italia.
SADEK (H.)	Egipto.
SADEK (Sra. de)	Egipto.
SÁENZ DÍEZ (R.)	España.
SÁENZ GARCÍA (C.)	España.
SALFELD (H.)	Alemania.
SALOMON CALVI (W.)	Alemania.
SALVADORI (R.)	Italia.
SAMPÁU (A.)	España.
SÁNCHEZ BLANCO (L.)	España.
SÁNCHEZ RIVERO (M.)	España.
SANCHO GALO (M.)	España.
SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (M.)	España.
SANS HUELIN (G.)	España.
SANTASUSANA (L.)	España.
SANTOS DE ARANA (A.)	España.
SAUCE (W. de la)	Alemania.
SCOTT (W. B.)	E. U. N. A.
SCUPIN (H.)	Estonia.
SCUPIN (Sra. de)	Estonia.
SCHAFARZIK (F.)	Hungría.
SCHAFFER (F. X.)	Austria.
SCHEHRER (L.)	Alemania.
SCHERF (E.)	Hungría.
SCHLAGINTWEIT (O.)	Alemania.
SCHLEIFER (O.)	Alemania.
SCHLENZIG (J.)	Alemania.
SCHMITZ, S. J. (G.)	Bélgica.
SCHNEIDER (K. W.)	Alemania.
SCHRIEL (W.)	Alemania.
SCHUMACHER (F.)	Alemania.
SCHWARZ (R.)	Austria.
SEDERHOLM (J. J.)	Finlandia.

SEGRÈ (C.)	Italia.
SEIDL (E.)	Alemania.
SEIDLITZ (W. von)	Alemania.
SELA (A.)	España.
SELLARDS (E. H.)	E. U. N. A.
SERVERA (J.)	España.
<i>Service de la Carte géologique d'Alsace et Lorraine.</i>	Francia.
<i>Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil.</i>	Brasil.
<i>Serviços Geológicos.</i>	Portugal.
SHAW (E. W.)	E. U. N. A.
SIERRA Y YOLDI (A.)	España.
SILBERSTEIN (G.)	Alemania.
SILVARIÑO Y GONZÁLEZ (J.)	España.
SIMÓ Y DELGADO DE MENDOZA (M.)	España.
SINCLAIR (J. H.)	E. U. N. A.
SINCLAIR (Sra. de)	E. U. N. A.
SINGEWALD (J. I.)	E. U. N. A.
SLAVIK (F.)	Checoeslovaquia.
SMULIKOWSKI (C.)	Polonia.
SOBRAL (J. M.)	Argentina.
<i>Sociedad de Carbones de Berga.</i>	España.
<i>Sociedad de Ciencias Naturales de Barcelona «Club Montanyenc».</i>	España.
<i>Sociedad Colombina de Huelva.</i>	España.
<i>Sociedad Duro-Felguera.</i>	España.
<i>Sociedad Duro-Felguera (Director).</i>	España.
<i>Sociedad Francesa de Piritas de Huelva.</i>	España.
<i>Sociedad Francesa de Piritas de Huelva (Dirección española).</i>	España.
<i>Sociedad Geológica del Perú.</i>	Perú.
<i>Societá Geologica Italiana.</i>	Italia.
<i>Sociedad Ibérica de Ciencias Naturales.</i>	España.

Sociedad Minas de Potasa de Suria.....	España.
Sociedad Minas de Potasa de Suria (Director).....	España.
Sociedad Minera «Setolazar».....	España.
Société Anonyme des Hauts-Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson	Francia.
Société des Ingénieurs Civils de France.....	Francia.
Société de Produits Chimiques de Saint Gobain (Directeur Général des Usines)	Francia.
Société Française des Pyrites de Huelva.....	Francia.
SOLANA BUSQUET (M.).....	España.
SOLIGNAC (M.).....	Túnez.
SOLLAS (W. J.)	Inglaterra.
SORIA (R. B.).....	España.
SOS BAYNAT (V.).....	España.
SOSMAN (R. B.).....	E. U. N. A.
SOTO FERNÁNDEZ (R.).....	España.
SOUTCHINSKY (P.).....	Rusia.
SOUSA TORRES (A.).....	Portugal.
SPENGLER (E.).....	Austria.
SPENGLER (Sra. de).....	Austria.
STAPPENBECK (R.).....	Alemania.
STAUB (R.)	Suiza.
STAUB (Sra. de R.).....	Suiza.
STAUB (W.).....	Suiza.
STAUFFER (C. R.).....	E. U. N. A.
STEFANINI (G.).....	Italia.
STEINMANN (G.).....	Alemania.
STILLE (H.).....	Alemania.
STILLE (Sra. de).....	Alemania.
STOCES (B.).....	Checoeslovaquia.
STUTZER (O.).....	Alemania.
SUÁREZ GONZÁLEZ (J.).....	España.
SUÁREZ INCLÁN Y ARAVACA (P.).....	España.

SUÁREZ DEL VILLAR (L.).....	España.
SUESS (F. E.).....	Austria.
SUN (I. C.).....	China.
SWIDERSKI (B.).....	Polonia.
SZÁDECZKY (J. von).....	Rumania.
TABER (St.).....	E. U. N. A.
TAEGER (H.).....	Hungría.
TALLON (P.).....	Francia.
TAPP (W. M.).....	Inglaterra.
TARTIERE (J.).....	España.
TAVERNE (N. J. M.).....	Indias Holandesas.
TAVERNE (Sra. de).....	Indias Holandesas.
TEIXIDÓ BARRÁN (J.).....	España.
TEMPLADO MARTÍNEZ (D.).....	España.
TENGELMANN (W.).....	Alemania.
TENORIO Y CERERO (B.).....	España.
TERMIER (P. M.).....	Francia.
TERRA Y AROZENA (E.).....	Uruguay.
TERRANOVA (Duque de).....	España.
TESCH (P.).....	Holanda.
TEZANOS TESAURO (J.).....	España.
THIEBAUT (R.).....	España.
THIRY (R.).....	España.
THOMAS (B.).....	Alemania.
THOMAS (Sra. de).....	Alemania.
THOMAS (Ch. R.).....	E. U. N. A.
TINOCO ACERO (J.).....	España.
TOBLER (A.).....	Suiza.
TOMBELAINE LAMARET (A.).....	Francia.
TORRE (M. de la)	España.
TORROJA Y MIRET (A.).....	España.
TORROJA Y MIRET (J. M. ^a).....	España.
TRAINER, JR. (D. W.).....	E. U. N. A.

TRAUMANN (E.)	Guatemala.
Tulsa Geological Society	E. U. N. A.
TUNBRIDGE (E. W.)	Inglaterra.
ULRICH (Ed. O.)	E. U. N. A.
ULLMANN (W.)	España.
VALLE Y LERSUNDI (A. del)	España.
VAN BAREN (J.)	Holanda.
VAN BEMMELEN (R. W.)	Holanda.
VAN DOORNINCK (N. H.)	Holanda.
VAN SICLEN (M.)	E. U. N. A.
VAN SMALEN (J.)	Holanda.
VANWATERSCHOOF VAN DER GRACHT (W. A. J. M.)	E. U. N. A.
VARELA RADIO (T.)	España.
VARO Y CEJALVO (R.)	España.
VARSANOFIEVA (Sra. V. A.)	Rusia.
Vassar College Library	E. U. N. A.
VAUGHAN (Th. V.)	E. U. N. A.
VÁZQUEZ ZAFRA (S.)	España.
VEGA DE ANZÓ (Marqués de la)	España.
VEGA INCLÁN (Marqués de la)	España.
VEGA DEL SELLA (Conde de la)	España.
VEGA DE SEOANE Y ECHEVARRÍA (S.)	España.
VERBECK (H.)	Holanda.
VESIGNIÉ (J.)	Francia.
VIDA (E.)	Hungría.
VIDAL COMPARIÉ (P.)	España.
VIDAL JIMÉNEZ (P.)	España.
VIENNOT (P.)	Francia.
VIGIL ESCALERA (J.)	España.
VILLALBA GRANDA (C.)	España.
VILLANUEVA (L. de)	España.
VILLARELLO (J. de)	Méjico.
VIVAR (G.)	Méjico.

VIZER (W.)	Hungría.
VORÉADIS (G.)	Grecia.
WALKER (Th. L.)	Canadá.
WALTHER (J.)	Alemania.
WASHINGTON (H. S.)	E. U. N. A.
WEBER (M.)	Alemania.
WEDEKIND (R.)	Alemania.
WEDEKIND (Sra. de)	Alemania.
WEDEKIND (Sra. M.)	Alemania.
WEG (F.)	Alemania.
WEGENER (G.)	Alemania.
WEIGELT (J.)	Alemania.
WEINECKE (K.)	Alemania.
WEINZIERL (J. F.)	E. U. N. A.
WEISER (F. M.)	Alemania.
WEITHOFER (A.)	Alemania.
WERNETT (P.)	Francia.
WESTMEYER (F.)	Alemania.
WHITE (D.)	E. U. N. A.
WHITLOCK (H. P.)	E. U. N. A.
WILSER (J.)	Alemania.
WILSON (M. E.)	Canadá.
WILSON (Sra. de)	Canadá.
WINKLER-HERMADEN (A.)	Austria.
WITTENBURG (P.)	Rusia.
WITTENBURG (Sra. de)	Rusia.
WOLDRICH (J.)	Checoeslovaquia.
WOLDRICH (Sra. de)	Checoeslovaquia.
WOLFF (J. E.)	E. U. N. A.
WOLFF (L.)	Alemania.
WOLFF (W.)	Alemania.
WONG (W. H.)	China.
WRATHER (W. E.)	E. U. N. A.

WRATHER (Sra. de)	E. U. N. A.
WRIGHT (Ch. W.)	Italia.
WRIGHT (Sra. de)	Italia.
WRIGHT (L. A.)	E. U. N. A.
WURN (A.)	Alemania.
WYLLIE (B. K. N.)	Inglaterra.
WYSOGORSKI (J.)	Alemania.
YAKOWLEV (N.)	Rusia.
ZAVALA Y ARELLANO (J.)	España.
ZAVARITSKY (A.)	Rusia.
ZSIVNY (V.)	Hungria.
ZUBER (S.)	Polonia.
ZWIERZYCKI (J.)	Indias Holandesas.

II

Lista de Señores Congresistas, por Naciones

Africa Occidental francesa

HUBERT (M. Henri), Administrateur en Chef des Colonies,
Chef des Services d'Etudes Scientifiques de l'Afrique
Occidentale française. Delegado del Gobierno general
del África Occidental francesa.

Alemania

HENKE (H. Wilhelm), Dr. Geologe der Siegerlaender Berg-
bauhilfskasse.

HAARMANN (H. Erich), Prof. Dr.

GOETZ (H. Carl), Bergassessor Dr.

WILSER (Dr. Jul.), a. o. Prof. an der Universität Freiburg i. Br.

HASEBRINK (H. Alfred), Bergassessor.

STEINMANN (H. Gustav), Prof. i. R., Geh. Bergrat.

*KOENIGSBERGER (H. Johann Georg), Dr. Prof. an der Uni-
versität Freiburg i. Br.

SCHRIEL (H. Walter), Dr. phil.; Staatl. Geologe an d. Preuss.
Geologischen Landesanstalt.

STILLE (H. Hans), Prof., Dr.— Delegado de la «Goettinger
Gesellschaft der Wissenschaften» y del «Preuss. Ministe-
rium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung».

STILLE (Fr. Hanna).

El asterisco * indica los Congresistas que no asisten a las sesiones.

- *SILBERSTEIN (H. Georg), Mineralog.
 ARLT (H. Hans), Oberbergrat, Dr.
 HELBIG (H. Alfred), Ingenieur.
 ALMA (H. Fritz Herbert), Dr. phil.
 WEISER (H. Friedrich Moritz), Studienrat, Miembro de la «Deutsche Geolog. Gesellschaft».
 PSOTTA (H. Heinz), Bergingenieur.
 SCHNEIDER (H. Karl Wilhelm), Dr. Studienrat.
 WESTMEYER (H. Fritz), Studienrat.
 WOLFF (H. Ludwig), Oberbergrat u. Salinendirektor.
 *RANGE (H. Paul), Geh. Bergrat.
 SCHUMACHER (H. Friedrich), Prof. für Geologie u. Lagerstättenlehre a. d. Bergakademie Freiberg.
 *SCHLAGINTWEIT (H. O.), Dr.
 STAPPENBECK (H. Richard), Dr. phil., Geologe.
 EBELING (H. Paul), Direktor.
 EBELING (Fr. Käte).
 OEHMICHEN (H. Hans), Bergingenieur.
 *RAMDOHR (H. Paul), Dr. phil., Privatdozent f. Mineralogie u. Erzlagerstättenkunde.
 *BÄRTLING (H. Richard), Prof. Dr. phil., Bezirksgeologe.
 *LOTZ (H. Heinrich), Bergrat, Prof. Dr.
 HEMPELMANN (H. Ernst), Dr. phil.
 HEMPELMANN (Fr. Hildegard).
 KEUTHEN (D. José), Bergingenieur.
 SEIDLITZ (H. Wilfried von), Universitätsprof., Leiter d. Thüring. Geolog. Landesuntersuchung. — Delegado de la «Thüring. Landesuniversität. Jena» y de la «Thür. Geolog. Landesuntersuchung».
 TENGELMANN (H. Wilhelm), Dipl. Bergingenieur.
 *DITTMANN (H. Kurt Emil), Dr. Ingenieur, Bergingenieur.
 *Gelsenkirchener Bergwerks-Akt.-Ges. Abt. Schalke.
 HUCKE (Kurt), Dr. phil. Studienrat.
- RINNE (H. Friedrich), Geheimrat Prof. Dr.
 AULICH (H. Paul), Prof. Dr.
 BRETZ (H. Karl), Dr. ing. Bergassessor, Prokurist d. Deutsch-Luxemburgischen Bergwerks-u. Hütten A. G.
 BRETZ (Fr.).
 PIETZSCH (H. Kurt), Dr. phil. Sächsischer Landesgeologe.
 *MÜLLER (H. Wilhelm), Dr. der Chemie.
 HARBORT (H. Erich), Dr. Prof. a. d. Bergabteilung d. Technischen Hochschule Charlottenburg.
 KOSSMAT (H. Franz), Geh. Bergrat, Prof. a. d. Univ. Leipzig. Delegado de la «Sächsische Staatsregierung» y del «Geol. Landesamt».
 BROILI (H. Ferdinand), o. Prof. f. Paläontologie u. hist. Geologie a. d. Universität München. — Delegado de la «Bayrische Akademie der Wissenschaften».
 JAFFÉ (H. Richard), Dr. Bergingenieur.
 *GURICH (H. Georg), Prof. Dr.
 HARBORT (Fr.).
 MERENSKY (H. Hans), Dipl. Bergingenieur.
 KRENKEL (H. Erich), Prof. Dr.
 MÜLLER (H. Hermann), Generaldirektor, Dipl. Bergingenieur.
 MÜLLER (Fr. H.).
 GOETZ (Fr. Elle).
 KRAHMANN (H. Rudolf), Dr. Ingenieur, Dipl. Bergingenieur.
 KEGEL (H. Wilhelm), Dr. phil., Bezirksgeologe d. Preuss. Geologischen Landesanstalt.
 WEG (H. Fritz). Miembro de la «Deut. Geol. Gesellschaft».
 FLIEGEL (H. Gotthard), Prof. Dr., Direktor a. d. Preuss. Geologischen Landesanstalt. — Delegado de la «Preuss. Geologischen Landesanstalt».
 *HOLZMANN (H. C. F.), Bergwerksdirektor.
 WEITHOFER (H. Anton), Geh. Bergrat.
 BEIL (H. Richard), Bergingenieur.

HENNIG (H. Edwin), Dr. phil., Prof. a. d. Universität Tübingen, Vorstand des Geologischen Instituts d. Universität.
BORN (H. Axel), Dr., o. Prof. für Geologie.
WOLFF (H. Wilhelm), Prof. Dr., Abteilungsdirektor a. d. Preuss. Geologischen Landesanstalt.—Delegado de la «Preuss. Geologischen Landesanstalt».
KAISER (H. Erich), Dr. phil., o. Universitätsprof., Geh. Regierungsrat.—Delegado del Gobierno alemán y de la «Bayrische Akademie der Wissenschaften».
KUKUK (H. Paul), Bergassessor, Dr. phil., Leiter d. Geolog. Abteilung d. Westfälischen Berggewerkschaftskasse.—Delegado de la «Westf. Berggewerkschaftskasse».
KEILHACK (H. Konrad), Dr. Prof., Geh. Bergrat.
WYSOGORSKI (H. Johann), Prof. Dr.
BOEKER (H. Hans-Erich), Dr. Ing. Erster Bergrat.
DORN (H. Alfred), Bergingenieur.
SALFELD (H. Hans), Dr. Prof. der Geologie u. Paläontologie a. d. Universität Goettingen, Direktor der «Prospektion».
AMBRONN (H. Richard), Dr., Direktor der «Prospektion».
REINECKE (H. Alexander), Direktor der «Askania-Werke».
GAEBERT (H. Carl), Dr. Geologe.
GAEBERT (Fr. Helene).
*ENGEL (H. Nikolaus), Bergwerksdirektor.
CLOOS (H. Hans), Prof. Dr.
BLOCK (H. Hans), Dipl. Berg-u. Hütteningenieur.
*GLINZ (H.), Bergassessor, Dr. Ing., Prof. a. d. Techn. Hochschule-Charlottenburg.
KRAHMANN (H. Max), a. o. Prof. a. d. Techn. Hochschule-Charlottenburg, Beratender Ingenieur, V. B. I.
WEINECKE (H. Karl), Dipl. Bergingenieur.
WALTHER (H. Johannes), Dr. Prof. d. Geologie u. Paläontologie a. d. Universität Halle, Präsident der Kaiserlich Deutschen Akademie der Naturforscher.

*OEBBEKE (H. K.), Geheimrat, Prof. a. Mineralog.-Geolog. Laboratorium der Techn. Hochschule-München.
BORN (Fr. Axel).
KRUSCH (H. Johann Paul), Geh. Bergrat, Prof. Dr., Präsident d. Preuss. Geologischen Landesanstalt.—Delegado del Gobierno.
LANGENHEIM (H. Adolf P.), Bergingenieur.
SCHEHRER (H. Ludwig), Dr. phil., Apotheker u. Geologe.
WEDEKIND (H. Rudolf), Dr. phil., Ordentl. Prof. der Geologie u. Paläontologie a. d. Univers. Marburg.
WEDEKIND (Fr.).
RICHTER (H. Rudolf), Dr., a. o. Prof. der Geologie u. Paläont. a. d. Universität Frankfurt a/M.
* WEBER (H. M.).
POMPECKJ (H. Josef Felix), Dr. phil. Geh. Bergrat. a. o. Prof. der Geologie u. Paläont., z. Z. Rektor der Univ. Berlin. Jefe de la Delegación de Alemania y Delegado de la «Preuss. Akademie der Wissenschaften».
SALOMON-CALVI (H. W.).—Delegado del «Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Heidelberg»; de la «Universität Heidelberg»; de la «Heidelberger Akademie der Wissenschaften»; del «Oberrheinischer Geologischer Verein».
GREIM (Georg), Dr. phil., o. Prof. der Geographie.
* HEIMBRODT (Friedrich), Prof., Dr. Studienrat.
KEGEL (Frau W.),
KRAHMANN (Frau Margarete).
SAUCE (Wilhelm de la), Bergassessor, Geschäftsführendes Vorstandsmitglied des Deutschen Braunkohlen Industrie-Vereins.
SEIDL (Erich), Geheimrat, Dr. Ing.
WEGENER (Georg), Dr. phil., o. Prof. d. Geographie a. d. Handels-Hochschule Berlin.—Delegado de la «Handels-

Hochschule Berlin»; de la «Gesellsch. für Erdkunde zu Berlin» y del «Geol. Vereins zu Saalfeld».

DRYGALSKI (H. Ludwig von), Director del Lloyd Norte Alemán.

ANGENHEISTER (Gustav), Prof. Dr. Abteilungsvorsteher am Preuss. Geodät. Institut. — Delegado del «Preussischen Geodätischen Instituts».

WURN (H. Adolf), Dr. Privatdozent Technische Hochschule München, Landesgeologe am bayrischen Oberbergamt.

SCHLEIFER (H. Otto), Direktor.

GLINZ (Frau).

DIENST (H. Paul), Kustus und Professor.

Geographisches Institut der Universität Tübingen.

GORNICK (H. Hugo), Diplom. Bergingenieur.

SCHLENZIG (H. I.), Diplom. Bergingenieur.

BENZINGER (H. Theodor), Cand. rer. nat. (Geol.)

*LUECK (H. Hugo), Dr. phil.

*OPPENHEIM (H. Paul), Prof. Dr. phil.

*WEIGELT (H. J.), Prof. Dr., Geologisches Institut der Universität Halle.

*KRAUSE (H. Paul Gustav), Prof. Dr.

*THOMAS (H. Bruno), Direktor im Deutschen Kalisyndikat G. m. b. H.

WEDEKIND (Fr. Margate).

*Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Leipzig.

HELBIG (Fr.)

GORNICK (Fr. H.)

Angola

SOUZA TORRES (Dr. A.), Chef de la Mission géolog. d'Angola.

Argentina

Museo Nacional de Historia Natural «Bernardino Rivadavia», Buenos Aires.

Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires.

SOBRAL (D. José María), Director General de Minas, Geología e Hidrología. — Delegado del Gobierno.

RIGAL (D. Remigio). — Delegado del Gobierno.

*PINO (D. Víctor del), Miembro de la Sociedad Antropológica.

Australia

*MAITLAND (Mr. Andrew Gibb), Government Geologist of Western Australia.

GREGORY (Mr. John Walter), Prof. Dr. Sc., F. R. S.—Delegado del Gobierno.

Austria

SPENGLER (H. Erich), Dr. phil., a. o. Universitätsprofessor u. Geologe der geologischen Bundesanstalt.

DITTLER (H. Emil), Dr., Universitätsprofessor für Mineralogie u. Petrographie.

SCHAFFER (H. Franz X.), Hofrat, Universitätsprofessor, Direktor d. Geolog-Paläont. Abteilung d. Naturhistorischen Museums-Wien. — Delegado del Gobierno.

DIENER (H. Carl), Prof. a. d. Universität.

DIENER (Fr. Marie). — Delegada de la «Philosophische Fakultät d. Universität Wien».

DOELTER (H. Cornelius), Catedrático Consejero áulico de la Universidad de Viena. — Delegado de la Sociedad de Mineralogía, Sociedad de Ingenieros, etc.

DOELTER (Fr. Marie).

PETRASCHECK (H. Wilhelm), Dr. Prof. der Geologie u.
Lagerstättenlehre a. d. Montanistischen Hochschule in
Loeben.

PETRASCHECK (Fr. Hildegard).

WINKLER-HERMADEN (H. Arthur), Privatdozent a. d. Univ.
Wien, Sektionsgeologe a. d. geologischen Bundesanstalt.

SPENGLER (Fr. Margarete), Mittelschulprofessorin a. D.

GOETZINGER (H. Gustav), Dr., Bergrat, Geologe a. d. Geolo-
gischen Bundesanstalt. — Delegado de la «Intern. Erdöl-
Union und Geologischen Landesanstalt».

*PURKERT (H. Richard), Dr. phil.

SUESS (H. Franz Eduard), Universitätsprofessor, Vorstand des
geol. Instituts der Universität Wien. — Delegado del
«Geologischen Institutes der Universität Wien».

*SCHWARZ (H. Robert), Ingenieur.

Bélgica

RENIER (M. Armand), Chef du Service Géol., Chargé de
cours à l'Université de Liège. Secrétaire Général de la
XIII^e Session. — Delegado del Gobierno.

*GALOPIN (M. Alexandre), Ingénieur, Directeur de la Société
Géol. de Belgique à Bruxelles.

*RACHENEUR (M. Fernand), Ingénieur des Mines et Géologue,
Ing. Electricien, A. I. Ms.

*CORNÉT (M. Jules), Prof. de Géologie à l'Ecole des Mines
de Mons, Correspondant de l'Inst. de France. — Delegado
de la «Académie Royale de Belgique».

BUTTGENBACH (M. Henri J. F.), Prof. de Cristallographie et
Minéralogie à l'Université de Liège.

*RAYMOND-JULES (M. Antoine), Ing. Conseil. aux Mines d'or
de Kilo-Moto (Congo-Belge).

MICHOTTE (M. Paul Lambert), Prof. de Géographie à l'Uni-
versité de Louvain.

LEFÈVRE (Mlle. Marguerite A.), Dr. en Géographie, Assis-
tante de Géogr. à l'Université de Louvain.

DRUGMAN (M. Julien), Ph. D.; M. Sc., Minéralogiste.

*CORIN (M. François Joseph Michel Marie), Ing. des Mines et
Géol. A. I. Lg., Membre de la Société Géol. de Belgique
et de la Soc. Belge de Géol.

*MUSÉE DU CONGO-BELGE (Tervueren).

*ÉCOLE DES MINES ET DE MÉTALLURGIE (Faculté technique
du Hainaut), Mons.

LEBACQZ (M. Jean), Directeur Général des Mines, Président
de la XIII^e Session. — Delegado del Gobierno.

*CAMBIER (M. René F. J.), Ing. Directeur des Charbonnages
de la Luena.

POLIAKOV (M. Benjamin).

*AUBEL (M. René van), Ing., Attaché au Comité spécial du
Katanga.

LEGRAYE (M. Michel P. H.), Ing. civil des Mines, Assistant
de Géol. à l'Université de Liège.

FOURMARIER (M. F. J.), Prof. à l'Université de Liège, Membre
de l'Académie Royale de Belgique. — Delegado de la
«Académie Royale de Belgique», y de la «Société Géo-
logique de Belgique».

*LERICHE (M. Maurice Henri-Charles), Prof. à l'Université de
Bruxelles.

BERNOULLI (M. Walter), Dr.-ès-Sciences.

MUSTIN (M. Valère), Ing. civil des Mines.

MICHOT (M. Paul), Ing. des Mines, A. I. Lg.

MASSENHOVE (M. Henri van), Ing. des Mines, A. I. Lg.

DENAAYER (M. Marcel E.), Dr. ès Sc., Chef des Travaux à
l'Université de Bruxelles.

RADZITZKY D'OSTROWICK (M. le Baron Ivan de), Conserva-

teur du Musée de Géol. à l'Univ. de Liège; Secrétaire Général de la *Revue de Géologie*.

LEBACQZ (Mme. J.)

BODART (M. Maurice Antoine), Ing. civil des Mines, Ing. en Chef de la «Soc. Solvay & Cie.»

BRIEN (M. Víctor), Prof. de Géol. appliquée à l'Univ. de Bruxelles, Adm.-Dir. de la Soc. belge industrielle et minière du Katanga.—Delegado de la «Univ. Libre de Bruxelles».

*DORLODOT (M. le Baron Jean de), Ing. civil des Mines, Directeur du Musée Houiller de Louvain.

*SCHMITZ, S. J. (R. P. Gaspar).

*DECAT (M. Jules), Ingénieur des Mines, Ing. Géol.

*DORLODOT (M. Henri de), Directeur de l'Institut Géologique de l'Université de Louvain.

ASSELBERGHS (M. Et.), Prof. — Delegado de l'Université de Louvain y Musée Géologique des Bassins houillers de Belgique.

PERREAU (M. Ludovic).

*Institut de Géologie, Université de Liège.

Bolivia

SINGEWALD (Mr. Joseph J.), Prof. of Economic Geology.— Delegado del Gobierno.

Brasil

*Serviço Geológico e Mineralógico do Brazil, Rio de Janeiro.

Bulgaria

*BONCEV (M. Stefan), Prof. der Geologie a. d. Universität Sofia.—Delegado del Gobierno.

Canadá

*DENIS (M. Theo C.), Directeur du Service des Mines de la province de Québec.

BRUCE (Mr. Everend Lester), Prof. of Mineralogy at Queen's University.—Delegado de la «Royal Society of Canada» y de la «Queen's University».

BRUCE (Miss Mary Violetta).

ALCOCK (Mr. Frederick James), Dr. of Phil., Miembro y Delegado de la «Royal Soc. of Canada», Geologist of the Geol. Survey of Canada, Miembro y Delegado de la «Geol. Soc. of America». — Delegado del «Geological Survey of Canada», de la «Royal Society of Canada» y «Dept. of Mines».

WALKER (Mr. Thomas Leonard), Prof. of Mineralogy, Director of the Royal Ontario Museum of Mineralogy.—Delegado de la «Royal Society of Canada», «Mineral. Society of America», Washington.

COLEMAN (Mr. Arthur Philemon), M. A.; Ph D.; Li D., D. Sc.; F. R. S.; F. G. Soc. Am., etc.—Delegado de la «Geological Society of America», «Royal Society of Canada».

CHOWN (Miss Edna), Geological Student at Queen's Univers.

FARIBAULT (M. E. Rodolphe), D. Sc., F. R. S. C., Géologue. Delegado del Canadá; de la «Société Royale du Canada»; «Université de Montreal»; «Dept. of Mines»; «Geol. Survey of Canada»; «Service des Mines au Ministère de la Colonisation, des Mines et des Pêcheries de la province de Québec»; «Canadian Inst. of Mining and Metallurgy».

FARIBAULT (Mlle. Pauline); Elève géologue.

WILSON (Mr. Morley Evans), B. A.; Ph D.; F. R. S. C.; F. G. S. A.—Delegado del «Geological Survey of Canada»,

«Royal Society of Canada», «Canadian Institute of Mining and Metallurgy». Dept. of Mines.

WILSON (Mrs. M. E.).

MOORE (Mr. E. S.), B. A.; M. A.; Ph D.; F. R. S. C.; F. G. S. A.; Prof. of Economic Geology at the University of Toronto.—Delegado del «Dept. of Geology of the Univ. of Toronto» y de la «Royal Society of Canada».

MOORE (Mrs. J. S.)

AMI (Mr. Henri M.), Membre de la Société Royale du Canada; Ex-membre du Service géologique du Canada; Membre de la Société Géologique d'Amérique.—Delegado de la «Société Royale du Canada» y de la «Société Géologique d'Amérique».

FARIBAULT (Mme).

Colombia

*STUTZER (D. Otto), Prof. de la Academia de Minas (Freiberg), Jefe de la Comisión Científica Nacional de Bogotá.

Congo Belga

RAUW (M. Hector Jacques Sylvain), Ingénieur des Mines, Ing. Géologue. Chef du Service Géologique à la Société Internationale Minière du Congo.

RICHET (M. Emile), Ingénieur des Mines, Géologue au Service Géologique de l'Union Minière du Haut-Katanga.—Delegado de la «Union Minière du Haut-Katanga».

Costa de Oro

KITSON (A. E.), C. M. G.; C. B. E.; Director of the Geological Survey.—Delegado del Gobierno de Costa de Oro.

Cuba

GUIRAL STERLING (Srta. Dolores), Alumna de la Academia Habana.

Checoeslovaquia

*STOCES (M. Bohuslav), Ing. des Mines, Dr. ès Sc. techniques, Prof. à l'Ecole Sup. des Mines à Pribram.—Delegado de la «Ecole Sup. des Mines à Pribram».

KODYM (M. Odolen), Dr. ès Sc., Géologue du Service géol., Privatdozent de Géologie à l'Université Charles et à l'Ecole Polytechnique.

KETTNER (M. Radim), Ph. Dr., Prof. de Géologie à l'Université Charles, Prague.—Delegado de la «Académie tchèque des Sciences et des Arts», de la «Société tchécoslovaque de Minéralogie et de Géologie» y del «Institut Géologique de l'Université Charles».

REDLICH (M. Karl August), a. o. Prof. de Geologie a. d. Deutschen Technischen Hochschule in Prag.—Delegado de la «Deutsch. Technischen Hochschule in Prag».

REDLICH (Fr. Marianne).

SLAVIK (M. Frantisek), Prof. de Mineralogie a. d. Universität Charles IV.—Delegado del «Ministère des Ecoles et de la Culture Nationale» y de la «Académie des Sciences et des Arts».

*KOLIHA (M. Jan), Ph. Dr., Conservateur au Barrandeum.

WOLDRICH (M. Joseph), Prof. de Géologie à l'Univ. Masaryk, Brno.—Delegado de la «Univ. Masaryk», de la «Soc. Scientiarum Naturalium Moravica. (Prirodovedecká Společnost)», y de la «Société Royale des Sciences de la Bohême».

WOLDRICH (Mme. Milada).

MATOUSEK (M. Otakar), Ph. D., Docent of Geology in the Charles Univ. at Prag.—Delegado del «Inst. Geol. de la Univ. Checa».

ROSSBACH (M. Hermann), Bergingenieur.

APFELBECK (H. Hugo), Bergdirektor.

PURKYNE (M. Cyril), R. T. Dr., Dir. du Service Géologique.—Delegado del Gobierno, del «Ministère des Travaux Publics», del «Service Géol. de la R. Ch.» y de la «Acad. tchèque des Sciences et des Arts».

* Mineralogicky Uslav Masarykovy University, Brno.

OPPENHEIMER (M. Josef.), Privatdozent an der Deutschen Technischen Hochschule, Brünn.

Chile

PARDO CORREA (D. Arturo), Profesor de Geografía, Historia, Matemáticas, Física y Filosofía, Universidad de San Bernardo.—Delegado del Gobierno de Chile.

China

SUN (Mr. Y. O.), Prof. of Palaeontology.—Delegado del Gobierno y del «Geological Survey of China».

* VONG (Mr. W. H.), Geological Survey of China.

* HSIEH (Mr. C. I.), Geological Survey of China.

Dinamarca

MADSEN (M. Víctor), Dir. de l'Inst. Géologique de Danemark. Delegado del Gobierno, Instituto Geológico y Sociedad Geológica.

* Danmarks Geologiske Undersögelse. Copenague (Inst. Geol. de Dinamarca).

Ecuador

A. NAVEDA (D. César).—Delegado del Gobierno.

Egipto

SADEK (Mr. Hassan), Ph. D., B. Sc., F. G. S., Chief Inspector of the Geological Survey of Egypt.—Delegado del Gobierno egipcio.

SADEK (Mrs. Hassan).

LITTLE (Mr. Otway Henry), M. A., A. R. C., Sc. I., F. G. S., Subdirector of the Geological Survey of Egypt.

LITTLE (Mrs. Otway Henry).

CHOURBAGY (Mr. Mohamed Bahgat El), Bey.—Delegado del Gobierno de Egipto.

España

RUBIO Y MUÑOZ (Excmo. Sr. D. César), Presidente de la Junta organizadora, ex Presidente del Consejo de Minería, ex Director del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas, Vocal de la Junta organizadora.

ORUETA Y DUARTE (Excmo. Sr. D. Domingo de), Inspector general de Minas, Director del Instituto Geológico, Miembro de la Academia de Ciencias, Ingeniero de Minas, Vocal de la Junta organizadora. (Fallecido.)

RUIZ VALIENTE (Ilmo. Sr. D. José), Director general de Minas, Ingeniero de Minas, Vocal de la Junta organizadora.

ALONSO MARTÍMEZ (Excmo. Sr. D. Lorenzo), Inspector general de Minas, ex Diputado a Cortes, ex Director general, Vocal de la Junta organizadora.

FÁBREGAS (D. Pablo), Profesor de Geología de la Escuela de

Minas, Ingeniero de Minas, Vocal de la Junta organizadora.

HERNÁNDEZ PACHECO (Excmo. Sr. D. Eduardo), Catedrático de Geología de la Universidad Central de Madrid, Miembro de la Academia de Ciencias, Vocal de la Junta organizadora.—Delegado de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central.

FERNÁNDEZ NAVARRO (Excmo. Sr. D. Lucas), Catedrático de Mineralogía y Cristalografía de la Universidad Central de Madrid, Miembro de la Academia de Ciencias, Vocal de la Junta organizadora.—Delegado del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

FAURA Y SANZ (D. Mariano), Doctor en Ciencias Naturales, ex Director del Mapa Geológico de Cataluña, Vocal de la Junta organizadora.

MARÍN HERVÁS (Ilmo. Sr. D. Antonio), ex Director general, ex Diputado a Cortes, Ingeniero de Minas, Vocal de la Junta organizadora.

DUPUY DE LÔME (D. Enrique), Secretario de la Junta organizadora, Vocal del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas. Instituto Geológico de España, Madrid.

KINDELÁN DE LA TORRE (D. Vicente), Director interino del Instituto Geológico de España, Ingeniero de Minas.—Delegado de la República de Cuba.—Vocal de la Junta organizadora.

FERNÁNDEZ Y MENÉNDEZ VALDÉS (D. Alfonso), Vocal del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas.

GUARDIOLA (D. Ricardo), ex Subdirector del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas.

SANCHO GALO (D. Manuel), Vocal del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas.

RUIZ FALCÓ (D. Manuel), Vocal del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas.

MARÍN Y BELTRÁN DE LIS (D. Agustín), Vocal del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas.

GOROSTÍZAGA (D. José de), Vocal del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas.

O'SHEA (D. Guillermo), Secretario del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas.

GAVALA LABORDE (D. Juan), Vocal del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas.

VALLE Y LERSUNDI (D. Alfonso del), Vocal del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas.

NOVO (Excmo. Sr. D. Pedro de), Miembro de la Academia de Ciencias, Vocal del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas.—Delegado de la Real Sociedad Geográfica.

FERNÁNDEZ IRUEGAS (D. Pablo), Vocal del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas.

HERNÁNDEZ SAMPELAYO (D. Primitivo), Vocal del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas.

ALVARADO (D. Alfonso de), Vocal del Instituto Geológico, Ingeniero de Minas.

RUBIO (D. Enrique), Ingeniero de Minas, Agregado al Instituto Geológico.

MILÁNS DEL BOSCH (D. Javier), Ingeniero de Minas, Agregado al Instituto Geológico.

CINCÚNEGUA (D. Manuel), Ingeniero de Minas, Agregado al Instituto Geológico.

LARRAGÁN (D. Agustín), Ingeniero de Minas, Agregado al Instituto Geológico.

HEREZA Y ORTUÑO (D. Juan), Ingeniero de Minas.

CARBONELL TRILLO FIGUEROA (D. Antonio), Ingeniero de Minas.

CARANDELL (D. Juan), Catedrático, Doctor en Ciencias.

GÓMEZ LLUECA (D. Federico), Catedrático de Historia Natu-

ral, Doctor en Ciencias, Farmacéutico.—Delegado de la Real Sociedad Española de Historia Natural.

ROYO GÓMEZ (D. José), Profesor de Mineralogía y Geología del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Doctor en Ciencias Naturales.—Delegado de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias.

FERNÁNDEZ AGUILAR (D. Rafael), Ingeniero de Minas.

MENDIZÁBAL Y CORTÁZAR (D. Joaquín, Conde de Peñaflorida), Ingeniero de Minas, Vocal del Instituto Geológico.

SIERRA Y YOLDY (D. Alfonso), Ingeniero de Minas, Director de las Minas de Almadén.

HERNÁNDEZ PACHECO (D. F.), Doctor en Ciencias.

OBERMAIER (D. Hugo), Catedrático de la Universidad Central, Miembro de la Academia de la Historia.

CUETO Y RUIZ DÍAZ (D. Eugenio), Ingeniero de Minas.

PATAC PÉREZ (D. Ignacio), Ingeniero de Minas.

ROTAECHE (D. Ramón de), Ingeniero de Minas.

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (D. Maximino), Catedrático de la Universidad de Barcelona, Miembro de la Real Academia de Ciencias de Barcelona.

DARDER (D. Bartolomé), Catedrático del Instituto de Tarragona.

PÉREZ DE BARRADAS (D. José), Doctor en Ciencias.—Delegado del Ayuntamiento de Madrid.

GIL (D. Rodrigo), Ingeniero Geógrafo.

GARCÍA SIÑÉRIZ Y PARDO MOSCOSO (D. José), Ingeniero de Minas, Ingeniero Geógrafo.

CASTILLO (D. Wenceslao), Ingeniero de Minas, Ingeniero Geógrafo.

PUIG DE LA BELLACASA (D. Narciso), Profesor de Geología y Geografía Física de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Ingeniero de Caminos.

BARANDICA Y AMPUERO (D. Manuel de), Ingeniero de Minas, Ingeniero Geógrafo.

BATALLER (Dr. R. J.), Catedrático de la Universidad de Barcelona, Doctor en Ciencias.

VARO (D. Rodrigo), del Instituto Geológico.

GARCÍA (D. Dagoberto), del Instituto Geológico.

COULLAUT (D. León), del Instituto Geológico.

MONSERRAT (D. Juan S.), del Instituto Geológico.

PELLICO (D. Manuel), del Instituto Geológico.

VEGA INCLÁN (Excmo. Sr. Marqués de la), Comisario Regional de Turismo, Vocal de la Junta organizadora.

FRASSER LAWTON (Mr. Frank), Presidente de la Sociedad Riegos y Fuerza del Ebro y de la Unión Eléctrica de Cataluña.

ROEMER (D. Federico), Director de la Compañía Minero-Metalúrgica «Los Guindos», Ingeniero de Minas.

GÓMEZ DE LLARENA (D. Joaquín), Doctor en Ciencias, Catedrático de Historia Natural del Real Instituto de Jovellanos de Gijón.

TORROJA Y MIRET (D. José María), Ingeniero de Caminos.

TORROJA Y MIRET (D. Antonio), Ingeniero de Minas.

JIMÉNEZ CROZAT (D.^a María Victoria), Profesora de Geografía de la Escuela Normal de Valladolid.

SÁENZ GARCÍA (D. Clemente), Ingeniero de Caminos.

Escuela Especial de Ingenieros de Caminos.

FERNÁNDEZ ASCARZA (D. Victoriano), Doctor en Ciencias, Profesor de Ciencias Naturales de la Escuela Normal de Maestros, Astrónomo.

HASELDEN (D. Juan), Director de las minas de El Centenillo.

PEÑA Y BRAÑA (Excmo. Sr. D. Luis de la), ex Senador del Reino, Ingeniero de Minas.

GÁLVEZ-CAÑERO (Excmo. Sr. D. Augusto de), ex Director general, ex Senador del Reino, Ingeniero de Minas, Vocal del Instituto Geológico.

NAVARRO NEUMANN, S. J. (D. Manuel María S.), Director de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada).

- CARSI LACASA (D. Alberto), Geólogo.
- FIGÓLS (Excmo. Sr. Conde de).
- Sociedad Carbones de Berga.
- SANTASUSANA (D. Luis), Ingeniero Industrial de «Riegos y Fuerza del Ebro».
- AMIGÓ GARCÍA (D. Narciso), Ingeniero de Caminos.
- SÁENZ DÍEZ (D. Rafael), Ingeniero de Minas.
- GARCÍA VELÁZQUEZ (D. Pedro), Ingeniero de Minas.
- GONZÁLEZ NICOLÁS (D. Antonio), Ingeniero de Minas.
- PRIETO Y CARRASCO (D. Rafael María), Ingeniero de Minas.
- FERNÁNDEZ VALBUENA (D. Manuel), Ingeniero de Minas.
- VÁZQUEZ ZAFRA (D. Salvador), Ingeniero de Minas.
- ARAMBURU LUQUE (D. José), Ingeniero de Minas.
- GARCÍA AGUSTÍN (D. Mariano), Ingeniero de Minas.
- GALBIS RODRÍGUEZ (D. José), Subdirector del Instituto Geográfico, Ingeniero Geógrafo, Inspector general del Cuerpo.
- INGLADA ORS (D. Vicente), Teniente Coronel de Estado Mayor, Ingeniero Geógrafo, Profesor de Astronomía y Geodesia de la Escuela Superior de Guerra.
- VILLANUEVA (D. Luis de), Profesor de Geología de la Escuela Superior de Guerra, Teniente Coronel de Estado Mayor.
- DROGOZ Y DARAGON (M. Louis), Director de la Compañía Minera y Metalúrgica de Peñarroya.
- MALYE Y THOMAS (M. Armando), Ing. des Mines, Director Administrativo de la Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya.
- BOLÍVAR (D. Ignacio), Director del Museo de Ciencias Naturales, Doctor en Ciencias.
- JORDANA (D. Luis), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.
- PINEDA (D. Enrique de), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.
- BAYO (D. Enrique, Conde de San Jorge), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.
- Instituto Nacional de Segunda Enseñanza de Zaragoza.
- MARCET RIBA (D. Jaime), Profesor de la Universidad de Barcelona, Conservador de Paleontología del Museo de Ciencias Naturales de Barcelona.
- BALSEYRO (D. Ignacio), Ingeniero de Minas.
- ULLMANN (D. Wilhem), Director del Banco Alemán Transatlántico, en Madrid.
- VILLALBA GRANDA (D. César), Ingeniero de Caminos, Secretario del Consejo de Obras Públicas.
- Cooperativa de Flúido Eléctrico de Barcelona.
- BARREIRO ZABALA (D. Luis), Director Gerente de la Compañía Minera Morro de Bilbao, Director de la revista *Boletín Minero*.
- REY PASTOR (D. Alfonso), Ingeniero Geógrafo, Comandante de Estado Mayor, Jefe de la Estación Sismológica de Toledo.
- ORTI SERRANO (D. Carlos), Ingeniero de Minas.
- DOETSCH (D. Carlos).
- BENJUMEA (D. Antonio), Ingeniero de Minas.
- BENJUMEA (D. Joaquín), Ingeniero de Minas.
- BUIZA Y LAVÍN (D. José Luis), Ingeniero de Minas.
- GIMENO Y CONCHILLOS (D. Angel), Ingeniero de Minas.
- SIMÓ Y DELGADO DE MENDOZA (D. Mariano), Ingeniero de Minas, Inspector provincial del Trabajo.
- TENORIO (D. Bernardo), Ingeniero de Minas.
- PIZARRO Y CORTÉS (D. Carlos), Ingeniero de Minas.
- GUERIN VENTURA (D. Mario).
- FERRANDO MAS (D. Pedro), Catedrático de Geología de la Universidad de Zaragoza.
- GUEZALA E IGUAL (D. Fernando), Ingeniero de Minas, Jefe de la Inspección Técnica de Impuestos Mineros de la 1.^a Región.

BUEN (D. Rafael de), Catedrático de la Universidad, Jefe de la Sección Científica de la Dirección General de Pesca.

HERNÁNDEZ RAMOS (D. Juan), Ingeniero Agrónomo.

GRAHAM TOLER (D. Jorge).

BARRAS DE ARAGÓN (D. Francisco), Catedrático de Antropología de la Universidad Central.

HAUSER Y NENBURGER (D. Enrique), Ingeniero Jefe de Minas, Miembro de la Real Academia de Ciencias, Profesor de la Escuela de Minas.

LACAZETTE (D. Francisco), Ingeniero de Minas, Ingeniero Jefe de la Unión Española de Explosivos.

TINOCO ACERO (D. José), Doctor en Ciencias, Astrónomo.

MATA (D. Carlos), Ingeniero de Minas.

BALZOLA Y MENCHACA (D. José), Ingeniero de Minas.

CENTENO (D. Enrique), Ingeniero de Minas, Director de la mina «Arrayanes».

DÍEZ DEL CORRAL (D. Jesús), Ingeniero Subdirector de la mina «Arrayanes».

RUBIO (Ilmo. Sr. D. José María), Presidente del Consejo de Minería.

SAMPÁU (Ilmo. Sr. D. Antonio), Vocal del Consejo de Minería y del de Administración de las minas de Almadén y Arrayanes, Consejero Inspector del Cuerpo de Minas.

CASTILLO (Ilmo. Sr. D. Antonio del), Presidente del Consejo de Administración de las minas de Almadén y Arrayanes, Contralmirante de la Armada.

ABBAD Y BONED (Ilmo. Sr. D. José), Vocal del Consejo de Minería, Vocal del Consejo de Administración de las minas de Almadén y Arrayanes, Consejero Inspector del Cuerpo de Minas.

REVENGA CARBONELL (D. Antonio), Ingeniero Geógrafo, Doctor en Ciencias.

BENÍTEZ (D. Simón), Ayudante de Obras Públicas.

ZURITA Y COLET (D. Amadeo), Jefe de Telégrafos de Santa Cruz de Tenerife.

PÉREZ DÍAZ (D. Alonso), Abogado, Presidente de la Sociedad Cosmológica de Santa Cruz de La Palma.

GARCÍA FEO (D. Casiano).

JIMÉNEZ DE CISNEROS (D. Daniel), Catedrático, Doctor en Ciencias Naturales.

GULLÓN (Excmo. Sr. D. Eduardo), Director de la Escuela de Minas, Senador del Reino, Vocal de la Junta organizadora, Ingeniero de Minas.

MARÍN LANZOS (D. Antonio), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

CERERO (D. Rafael), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

ABBAD (D. Manuel), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

GÓMEZ ROJAS (D. Francisco), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

PRAST (D. José), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

MONTENEGRO (D. Antonio), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

GAMIR (D. Luis), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

LANGREO (D. Miguel), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

FERNÁNDEZ MIRANDA (D. Eustaquio), Profesor de la Escuela de Minas, Presidente del Instituto de Ingenieros Civiles, Ingeniero de Minas.

LÓPEZ SÁNCHEZ AVECILLA (D. Ceferino), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

QUEREJETA (D. Manuel), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

GARCÍA ESTÉVEZ (D. Joaquín), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

GONZÁLEZ LLANA (Excmo. Sr. D. Emilio), ex Senador del Reino, Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

ALDECOA (D. Pablo de), Secretario de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

ALFARO CORDÓN (D. José), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

MARTÍNEZ DE VELASCO (D. Andrés), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

ORIOL GARCÍA DE LOS RÍOS (D. Román), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

CASÁUS (D. José), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

RODRIGÁÑEZ (Ilmo. Sr. D. Isidoro), ex Director general, ex Diputado a Cortes, Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

BASELGA (D. Antonio), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

FORRAT SOLDEVILLA (D. Luis), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

LÓPEZ SALAZAR (D. Domingo), Profesor de la Escuela de Minas, Ingeniero de Minas.

MENÉNDEZ PUGET (D. Laureano), Ingeniero de Minas.

DOMEĆQ (Ilmo. Sr. D. Manuel).

CASA-DOMEĆQ (Excmo. Sr. Marqués de).

MACHIMBARRENA (D. Ramón), Ingeniero de Minas.

MUÑOZ Y GARCÍA-LOMAS (D. Enrique), Ingeniero de Minas.

GARCÍA-LOMAS (D. Alejandro Luis), Ingeniero de Minas.

MOORE Y DE PEDRO (D. Rafael), Ingeniero de Caminos, de Riegos y Fuerza del Ebro.

TEIXIDO BARRÁN (D. Juan), Ingeniero Industrial, de Riegos y Fuerza del Ebro.

Sociedad Minas de Potasa de Suria.

Director de la Sociedad Minas de Potasa de Suria.

Director de la Escuela de Ingenieros Agrónomos.

Director de la Escuela de Ingenieros de Montes.

Director de la Escuela de Ingenieros Industriales.

Director del Observatorio Astronómico.

Director del Observatorio Meteorológico.

LEVENFELD SPENCER (D. Alberto), Ingeniero de Minas.

CORTÁZAR (Excmo. Sr. D. Daniel), Miembro de la Real Academia de Ciencias, ex Inspector general de Minas.—Delegado de la Academia de Ciencias.

MADARIAGA (Excmo. Sr. D. José), ex Inspector general de Minas, Secretario de la Real Academia de Ciencias.

CONTRERAS (D. Adriano), Ingeniero de Minas, Director de la *Revista Minera*.

Director de las Obras del Puerto de Ceuta.

ARANGO Y ARANGO (D. José), Ingeniero de Minas.

Compañía Española de Minas del Rif.

CONDE Y DÍEZ (D. Enrique), Ingeniero de Minas.

GÓMEZ SOUZA (D. Alfonso), Ingeniero de Minas.

Ingeniero Director de la Sociedad Minera Setolazar.

GAITÁN DE AYALA (D. Martín), Jefe del Servicio de Minas de Tetuán, Ingeniero de Minas.

PONTE Y MANSO DE ZÚÑIGA (D. Fermín), Ingeniero de Minas.

CAJAL (D. Gervasio F.), Ingeniero de Minas.

SUÁREZ GONZÁLEZ (D. José), Ingeniero de Minas.

Director de las Obras del Puerto de Huelva.

Presidente de la Sociedad Colombina de Huelva.

SANTOS DE ARANA (Ilmo. Sr. D. Alfredo), Ingeniero de Minas.

GARCÍA MERCADAL (D. José), Alumno de Geología de la Universidad de Barcelona.

FERRER SENSAT (Srta. María de los Angeles), Alumna de Geología de la Universidad de Barcelona.

GARCÍA BELLIDO (D. Joaquín), Licenciado en Ciencias, Cartógrafo de la Armada.

LINNARTZ (D. Luis), Ingeniero de Minas.

Director de la Escuela de Ingenieros de Caminos.

Jefe del distrito Minero de Madrid.

GIL DE RAMALES (D. José), Jefe de la Sección de Impuestos Mineros, Ministerio de Hacienda.

Director de la Sociedad Francesa de Piritas de Huelva.

GÓMEZ TORGА (D. Juan), Ingeniero de Minas.

Director de las Minas de Rótonto.

Director de las Minas de Tharsis.

Ingeniero Jefe del Distrito Minero de Jaén.

CABRERA DÍAZ (D. Agustín), Director del Instituto de La Laguna, Catedrático.

KAESNACHER (D. Carlos), Ingeniero, Director de «United Alkali Cº».

Director de la Sociedad Duro-Felguera.

Sociedad Duro-Felguera.

TARTIERE (D. José).

SELA (D. Aniceto)

Director de la Real Compañía Asturiana de Minas.

JUNQUERA (D. Gumersindo), Ingeniero de Minas.

CASTRO (D. Eduardo), Ingeniero de Caminos, Director de las Obras del Puerto de Musel.

CORUGEDO (D. Emilio), Ingeniero de Minas.

Subdirector de la Escuela de Capataces de Minas de Mieres.

IBRÁN (D. Matías), Ingeniero de Minas.

SUÁREZ DEL VILLAR (D. Luis), Ingeniero de Minas.

GARCÍA ALVAREZ (D. Cándido), Ingeniero de Minas.

VIGIL ESCALERA (D. José), Ingeniero de Minas.

Jefe del distrito Minero de Oviedo.

ALONSO (D. Constantino), Ingeniero de Minas.

FERNÁNDEZ (D. José), Ingeniero de Minas.

RODRÍGUEZ ARANGO (D. Celso), Ingeniero de Minas.

RIBED REVILLA (D. Francisco), Ingeniero de Minas.

DURÁN (D. Miguel), Ingeniero de Minas.

MIR (D. Narciso), Ingeniero de Minas

ECHEVERRÍA (D. Santiago), Ingeniero de Minas.

LÓPEZ MANDULEY (D. Manuel), Ingeniero de Minas.

GUASCH Y JUAN (D. Pedro), Ingeniero de Minas.

FONRODONA (D. Francisco), Ingeniero de Minas.

RICA (D. Felipe de la), Ingeniero Geógrafo, Consejero del Servicio Geográfico, Inspector de los Servicios de Geofísica.

SANS HUELIN (D. Guillermo), Comandante de Artillería, Ingeniero Geógrafo.

Profesor de Geología de la Escuela Especial de Ingenieros de Montes.

Profesor Auxiliar de Geología de la Escuela Especial de Ingenieros de Montes.

Presidente de la Cámara Oficial Minera de Vizcaya.

Academia de Bellas Artes de Córdoba.

Profesor de Geología Agrícola de la Escuela Especial de Ingenieros Agrónomos.

LÓPEZ CALLEJA (D. José), Ingeniero de Minas.

ARRIOLA (D. Emiliano), Ingeniero de Minas.

MAESTRE (D. Silverio), Ingeniero de Minas.

GÓMEZ IZQUIERDO (D. Víctor M.), Ingeniero de Minas.

ROCASOLANO (D. Antonio de Gregorio), Catedrático de la Facultad de Ciencias de Zaragoza.

JORGE (D. Emilio de), Ingeniero de Minas.

IBARRA MÉNDEZ (D. Rafael), Doctor en Ciencias Naturales.

NOVELLA VALERO (D. Joaquín), Doctor en Ciencias Naturales, Catedrático del Instituto.

AGUILAR-AMAT Y BANÚS (D. Juan B. de), Conservador de Vertebrados del Museo de Ciencias Naturales de Barcelona, Ingeniero Industrial.

MARTÍNEZ ROCA (D. José), Catedrático, Escuela Central de Ingenieros Industriales.

Presidente de la Academia de Ciencias de Córdoba.

Director de la Compañía Mengemor.

Director del Pantano del Guadalmellato.

ARÉVALO Y CARRETERO (D. Celso), Doctor en Ciencias Naturales, Catedrático del Instituto del Cardenal Cisneros. Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona.

RUEDA E IBÁÑEZ (D. Félix de), Licenciado en Ciencias Naturales, Profesor numerario de la Sección de Ciencias en la Escuela Normal de Maestros.

PINTADO (D. Francisco), Ingeniero de Minas.

SÁNCHEZ BLANCO (D. Luis), Ingeniero de Minas.

SÁNCHEZ RIVERO (D. Manuel), Ingeniero de Minas.

ARIZA ECHAZARRETA (D. Rafael), Ingeniero Jefe de Minas.

DÍAZ Y CIRUELAS (D. José María), Ingeniero Jefe de Minas.

VIDAL COMPARIÉ (D. Pío), Conservador del Museo de Ciencias Naturales.

DUCLÓS (D. Guillermo).

SACRISTÁN GONZÁLEZ (D. Julio), Ayudante Facultativo de Minas.

CASTRO BAREA (D. Pedro), Catedrático de la Universidad, Doctor en Ciencias Naturales.

CARVAJAL (D. Eduardo), Ingeniero de Minas. Ingeniero Jefe del Distrito Minero de Barcelona.

GARNICA (D. Guillermo), Ingeniero de Minas.

GOZÁLVEZ (D. Víctor), Ingeniero Geógrafo.

GUERRA MARRERO (D. Francisco), Ingeniero Agrónomo. Junta de Pensiones para Ingenieros y Obreros.

MADARIAGA ROJO (D. César), Ingeniero de Minas.

ESCOBAR Y RAMÍREZ (D. Alfonso), Ingeniero de Caminos.

CUATROCASAS ARUMÉ (D. José), Profesor de la Universidad.

MAIMÓ BOLET (D. José). Laboratorio de Ingenieros Militares.

TEZANOS TESAURO (D. Joaquín), Ingeniero Agrónomo.

BOFIJLL Y POCH (D. Arturo), Miembro de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona.

Diputado Ponente de Instrucción Pública de la Excm. Diputación de Barcelona.

GÓMEZ (D. Antonio), Jefe de Obras Públicas, Ingeniero de Caminos.

GONZALO GARRIDO (D. Joaquín), Ingeniero de Minas, Jefe de Impuestos Mineros.

BOLÍVAR Y PIELTAÍN (D. Cándido), Catedrático de Zoografía de Articulados del Museo de Ciencias Naturales.

LOZANO REY (D. Luis), Catedrático de Zoografía de Vertebrados del Museo de Ciencias Naturales.

RIOJA LO BIANCO (D. Enrique), Catedrático de Historia Natural de la Escuela Superior del Magisterio.

BARNÉS SALINAS (D. Francisco), Catedrático de Geografía e Historia del Instituto-Escuela.

CRESPI JAUME (D. Luis), Catedrático de Agricultura del Instituto-Escuela.

PALOMO (D. Francisco de B.), Ingeniero de Minas.

MAZARRASA Y QUINTANILLA (D. Juan Manuel), Ingeniero de Minas.

COLOM Y CASASNOVAS (D. Guillermo), Miembro de la Sociedad Geológica de Francia.

SERVERA (D. Juan).

RUIZ SENÉN (Excmo. Sr. D. Valentín), Presidente del Consejo de Administración de la Sociedad Duro-Felguera.

FELGUEROZO GONZÁLEZ (D. Secundino), Consejero de la Sociedad Duro-Felguera.

NACHER VILAR (D. Pascual), Catedrático de Geología de la Universidad de Granada, ex Decano de la Facultad de Ciencias, ex Director general de Primera Enseñanza.
Escuela Normal de Maestros de Gerona.
CARBONELL Y TRILLO-FIGUEROA (D. Joaquín), Ingeniero de Minas, Director Gerente de la Sociedad de Gas y Electricidad de Córdoba.
CARDELUS CARRERA (D. Esteban), Doctor en Farmacia. Presidente del Ateneo de Gerona.
ARANEGNI COLL (D. Pedro), Licenciado en Ciencias Naturales.
ESCRIBANO (D. Eduardo), Coronel de Estado Mayor, Inspector general del Cuerpo de Ingenieros Geógrafos.
PÉREZ-CONEZA (D. Jenaro), Comandante de Artillería, Ingeniero Geógrafo.
BURCH SOLANICH (D. Manuel), Médico.
PLA CARGOL (D. Joaquín), ex Profesor de la Escuela Normal de Gerona.
AZPEITIA (Excmo. Sr. D. Florentino), ex Inspector general de Minas, ex Profesor de Geología de la Escuela de Minas.— Delegado y Miembro de la Real Academia de Ciencias.
ARROJO CEA (D. Luis), Ingeniero Jefe de Minas.
TEMPLADO MARTÍNEZ (D. Diego), Ingeniero de Minas.
RÍO Y VALARINO (D. Gonzalo del), Ingeniero de Minas.
CLOSAS MIRALLES (D. José), Ingeniero Topógrafo.
Sociedad de Ciencias Naturales de Barcelona, Club Mundanyec.
Hulleras de Sabero y Anexas, S. A.
GONDRA Y LAZÚRTEGUI (D. Ricardo), Ingeniero de Minas.
ARRUCHE (D. César).
MATHET Y RODRÍGUEZ (D. Jerónimo Pedro), Arquitecto, Ingeniero Jefe del Cuerpo de Geógrafos.
Escuela Normal de Maestras de Gerona.

RODRÍGUEZ GONZÁLEZ (D. Alberto), Químico.
RODRÍGUEZ PINILLA (D. H.), Catedrático de la Facultad de Medicina de Madrid.
Institución Catalana de Historia Natural.
REINA MONINO (D. Gregorio), Ingeniero de Minas.
GÓMEZ ÁLVAREZ ACEVEDO (D. Manuel), Ingeniero de Minas.
ROLANDI PERA (D. Bernardino), Ingeniero de Minas.
GASTARDI (D. Enrique), Astrónomo.
GARCÍA LAGO (D. Manuel), Ingeniero de Minas.
CABAÑAS (D. José), Ingeniero de Minas, Director de la Real Compañía Asturiana.
PALET Y BARBA (D. Domingo), ex Diputado a Cortes, ex Presidente de la Institución Catalana de Historia Natural.
CANDEL VILA (D. Rafael), Doctor en Ciencias Naturales, Ayudante de clases prácticas de la Facultad de Ciencias. Dirección Española de la Sociedad Francesa de Piritas de Huelva.
Academia de Ciencias de Zaragoza.
Sociedad Ibérica de Ciencias Naturales.
NAVAS, S. J. (D. Longinos).
MAYBOLL (D. Federico), Ingeniero de Minas.
PARDO (D. Luis).
Instituto General y Técnico de Valencia.
MARTÍN CARDOSO (D. Gabriel), Catedrático de Historia Natural del Instituto de Teruel.
F. DE CALEYA (D. Carlos), Ingeniero de Minas, Director de las Minas de Teverga.
F. DE CALEYA (D. Juan), Ingeniero de Minas.
PERIER Y MEGÍA (D. Valeriano), Ingeniero de Caminos.
SILVARIÑO GONZÁLEZ (D. José), Ingeniero de Minas.
LÓPEZ SOLER (D. Juan), Teniente Coronel de Estado Mayor.
BERJANO PRIETO (D. Gerardo), Ingeniero de Minas.
AGUIRRE (D. Rafael), Ingeniero Jefe de Minas.

Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
DÍAZ VALDEPARES (Excmo. Sr. D. Julián), Presbítero, Auditor del Tribunal de la Rota.
ALTOLAGUIRRE Y DUVALE (Excmo. Sr. D. Angel de), General de División, Académico de la Historia.
MERINO Y ÁLVAREZ (Ilmo. Sr. D. Abelardo), Comisario de Guerra y Académico de la Historia.
FERNÁNDEZ AGUILAR (Srta. María del Pilar), Profesora del Instituto Escuela.
LEZAMA LEGUÍZAMÓN (D. Luis),
ARISQUETA (D. Joaquín), Ingeniero de Minas.
MORALES (D. Gustavo), Ingeniero de Minas.
SOTO FERNÁNDEZ (D. Ramón), Ingeniero, Capitán de Infantería, de la Sociedad Astronómica de España y América.
MESA RAMOS (D. José), Ingeniero de Caminos.
C. DE CENTENO (D.ª María).
E. DE GOROSTÍZAGA (D.ª Mercedes).
PELLA Y FORGAS (D. Pedro), Ingeniero Industrial, Director de los Ferrocarriles de Cariñena a Zaragoza, de Utrillas a Zaragoza y de Mollet a Caldas de Montbúy.
TORRE (D. Manuel de la), Gerente del Instituto Geos.
SORIA (D. Carlos).
TERRANOVA (Excmo. Sr. Duque de).
DOMECH (D. Pedro).
VEGA DEL SELLA (Excmo. Sr. Conde de la).
BELTRÁN Y RÓZPIDE (Excmo. Sr. D. Ricardo), Académico de la Historia, Secretario de la Real Sociedad Geográfica.
GAMIR Y PRIETO (D. Eduardo), Ingeniero de Minas.
SOS BAYNAT (D. Vicente), Licenciado en Ciencias y Becario del Museo Nacional de Ciencias Naturales.
MORA (D. Antonio), Ingeniero Industrial. — Delegado del Consejo de Combustibles.

LORENZO PARDO (D. M.). — Delegado de Fomento en la Confederación Hidrológica del Ebro, Ingeniero de Caminos.
Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro.
ABÁSOLO (D. José María de), Ingeniero de Minas.
GARAY DE ABÁSOLO (D.ª Adelaida).
RUANO (Excmo. Sr. D. Francisco), Secretario del Excelentísimo Ayuntamiento de Madrid.
VARELA RÁDIO (D. Teodoro), Ingeniero de Minas.
PALACIOS GUTIÉRREZ (D. Julián), Ingeniero de Minas.
DABÁN VALLEJO (D. Carlos), Ingeniero de Minas.
FERNÁNDEZ HONTORIA (D. Ramón), Ingeniero de Minas.
RODRIGO JIMÉNEZ (D. Rodrigo), Ingeniero de Minas.
GARCÍA PUELLES (D. Enrique), Ingeniero de Minas.
MOYA Y GASTÓN DE IRIARTE (D. Miguel), Ingeniero de Minas.
VEGA DE SEOANE Y ECHEVARRÍA (D. Severiano), Ingeniero de Minas.
GARCÍA MAURIÑO Y CAMPUZANO (D. Carlos), Ingeniero de Minas.
MAYORGA BRIONES (D. Antonio), Ingeniero de Minas.
BASABE COTONER (D. Luis de), Ingeniero de Minas.
BOSCH OPPENHEIMER (D. José María), Ingeniero de Minas.
SUÁREZ INCLÁN Y ARAVACA (D. Pío), Ingeniero de Minas.
MESEGUER Y PARDO (D. José), Ingeniero de Minas.
CIFUENTES (D. Félix), Ingeniero de Minas.
SOLANA BUSQUET (D. Manuel), Ingeniero de Minas.
LUNA MARTÍNEZ VIADEMONTE (D. José), Ingeniero de Minas.
GONZÁLEZ REGUERAL (D. Domingo), Ingeniero de Minas.
CORDERO Y L. DEL RIMÓN (D. Antonio), Ingeniero de Minas.
LÓPEZ MATEOS (D. José Antonio), Ingeniero de Minas.
LÁZARO URRA (D. Juan), Ingeniero de Caminos y Geógrafo, Profesor de la Escuela de Caminos.
GÓMEZ, S. J. (D. Evaristo).

MARTÍN (D.^a Baldomera E.), Profesora de la Escuela Normal de Maestras de Ávila.

JIMÉNEZ DE AGUILAR Y CANO (D. Juan), Catedrático de Historia Natural en el Instituto Nacional de Segunda Enseñanza de Cuenca.

CEBRIÁN DE BESTEIRO (D.^a Dolores), Profesora de la Escuela Normal de Maestras.

GARCÍA PEÑA (D. Manuel), Ingeniero de Minas.

Junta de Ciencias Naturales de Barcelona, Museo de Geología.

Academia de Ingenieros Militares.

VEGA DE ANZÓ (Excmo. Sr. Marqués de la).

MARTÍN PEINADOR (D. León), Teniente Coronel de Artillería.

MAURY Y URIBE (D. Antonio), Ingeniero de Minas.

Centro Excursionista de Cataluña, Barcelona.

Facultad de Ciencias de Barcelona.

ROMERO ORTIZ DE VILLACIÁN (D. José), Ingeniero de Minas.

Presidente de la Asociación de Ingenieros de Caminos, Instituto de Ingenieros civiles.

Presidente de la Asociación de Ingenieros de Montes, Instituto de Ingenieros civiles.

Presidente de la Asociación de Ingenieros Agrónomos, Instituto de Ingenieros civiles.

Presidente de la Asociación de Ingenieros Industriales, Instituto de Ingenieros civiles.

AGUIRRE (D. Mariano), Ingeniero de Minas.

DANTÍN CERECEDA (D. Juan), Catedrático del Instituto de San Isidro de Madrid.

GARCÍA LOYGORRI (D. Adriano), Ingeniero de Minas.

GUTIÉRREZ GÁNDARA (D. Gumersindo), Ingeniero de Caminos.

RODRÍGUEZ (D. Bernardo).

PALACIOS (D.^a Amelia E. de).

BENOIT (D.^a Manuela).

BERNAR (D. Emilio).

BERNAR (D.^a Carmen R. de).

AÑORGA (Sr. Conde de), Ingeniero de Minas.

QUIJANO (D. Ramón), Ingeniero de Minas.

FOLCH Y GIRONA (D. Joaquín), Ingeniero Industrial y Gerente de Minas del Priorato.

MOURELO (D. José Rodríguez), Profesor de Química en la Escuela Industrial de Madrid, Miembro de la Real Academia de Ciencias y Presidente de su Sección de Ciencias Físico-Químicas.

VIDAL JIMÉNEZ (D. Prudencio), Catedrático de Pedagogía de la Escuela Normal de Maestros de Albacete.

GONDRA (D. Juan Luis de), Ingeniero de Minas.

ZAVALA Y ARELLANO (D. Juan de), Ingeniero de Minas.

RODRÍGUEZ Y GUTIÉRREZ (D. Antonio), Ingeniero de Minas.

PUEYO (D. Leonardo), Ingeniero químico.

ORTIZ (D. Lorenzo), Ingeniero, Geógrafo, Arquitecto.

GONZÁLEZ FRAGOSO (D. Romualdo), Profesor del Museo de Ciencias Naturales.

MADARIAGA (D. Ricardo), Ingeniero de Minas.

ESCOSURA (D. Juan de la), Ingeniero de Minas.

LÓPEZ OÑATE (D. Antonio), Ingeniero de Minas de Lieja.

AULET (D. Ricardo Eugenio), Presbítero, Doctor en Ciencias Naturales, Catedrático del Instituto de Gerona.

MALAGRIDA (D. Manuel).

BOLÓS (D. Antonio de), Farmacéutico.

GOETZ PHILIPPI (D. Rodolfo), Geólogo.

GOETZ PHILIPPI (Sra. de).

Facultad de Ciencias de Zaragoza.

PUIG DE LA BELLACASA (Sra. de).

RODRÍGUEZ BOLONIO (Srta. Julia), Maestra Nacional.

CENDRERO (D. Orestes), Catedrático del Instituto de Santander.

THIEBAUT (D. Remigio).
GIL PERALTA (D.^a Julia).
AZCONA (D.^a María del Mar).
GARCÍA CARRASCO (D.^a Pilar).
Consejo Provincial de Fomento de Oviedo.
Ayuntamiento de Olot.

Estados Unidos de América

MATHEWS (Mr. Edward B.), State Geologist of Maryland;
Prof. of Geology of the John Hopkins University.—Delegado de la «Association of American State Geologists»,
«Geological Society of America», «John Hopkins University», «State of Maryland».

MATHEWS (Miss Mary), Student of Geography in the Univ. of Chicago.

MATHEWS (Mrs. E.).

SINGEWALD (Mr. Joseph J.), Prof. of Economic Geology of the John Hopkins University.—Delegado de la «American Association of Petroleum Geologists» y de la «John Hopkins Univ.».

SOSMAN (Mr. Robert B.), Member of the Staff of the Geophysical Laboratory, Institution Carnegie of Washington.

PALACHE (Mr. Charles), Prof. of Mineralogy of the Harvard Univ. of Cambridge, Mass.

* Academy of Natural Sciences of Philadelphia.

* CLAPP (Mr. Frederick G.), Consulting Geologist.

KEMP (Mr. James Furman), Prof. of Geology of the Columbia University.—Delegado de la «Columbia University», «Geological Society of America», «New York Academy of Sciences», «Society of Economic Geologists», «American Institute of M. & M. Engineers».

KEMP (Mrs. James Furman).

* LANE (Mr. Alfred Church), Ph. D., Sc. D., F. G. S. A.
FERGUSON (Mr. Henry Gardiner), M. A., Ph. D., Geologist of the U. S. Geological Survey.—Delegado del Gobierno y del «U. S. Geological Survey».
FERGUSON (Mrs. H. G.).
PENROSE (Mr. R. A. F.), A. B., A. M., Ph. D.—Delegado de la «Geologic. Society of America», «Academy of Natural Sciences of Philadelphia», «Society of Economical Geologists», «American Institute of M. & M. Engineers».
* NOBLE (Mr. L. F.), Geologist of the U. S. Geol. Survey.
* HYDE (Mr. J. E.), Prof. of Geology of the Western Reserve University, Dept. of Geology.
GOLDMAN (Mr. Marcos I.), E. M., Ph. D., U. S. Geological Survey.—Delegado del Gobierno y del «U. S. Geolog. Survey».
GOLDMAN (Mrs. M. J.).
* TABER (Mr. Stephan), Dr. of Phil., Prof. of Geology of the University of South Carolina.—Delegado de la «University of South Carolina».
ROSSBACK (Mr. Ernest J.), B. S. Mining Engineer and Manager of the Sullivan Machinary Cº. of Paris.
HEWETT (Mr. D. F.), Metallurgical Engineer, Dr. Phil., Geologist of the U. S. Geol. Survey.—Delegado del Gobierno y del «U. S. Geolog. Survey».
HEWETT (Mrs. D. F.).
* RANSOME (Mr. Frederic Leslie), Ph. D., Prof. of Economic Geology.
MILLER (Mr. Benjamin Le Roy), Dr. of Phil., President of the Pennsylvania Academy of Sciences, Prof. of Geology.
LIND (Mr. John G.), B. Sc., Ph. D., Charge of Dept. of Geology & Mineralogy.
* LAHEE (Mr. Frederic H.), Chief Geologist of the Sun Oil Cº.
* Wassar College Library.
JILLSON (Willard Rouse), Sc. D., Director and State Geologist.

Delegado de la «Syracuse University», del «Kentucky Geological Survey» y de la «Kentucky Academy of Science». LAWSON (Mr. Andrew C.), Ph. D., D. Sc., Prof. of Geology of the University of California, President of Geolog. Society of America.—Delegado de la «Geological Society of America», «University of California», «American Geophysical Union of the National Research Council».

*PRATT (Mr. Wallace Everett).

RICKARD (Mr. Thomas Arthur), Contributing Editor of Engineering and Mining-Journal Press, New York.—Delegado del «American Inst. of M. & M. Engineers».

RICKARD (Mrs. Th. A.).

MAC DONELL (Mr. James Alfred).

LEITH (Mr. C. K.).—Delegado de la «Geological Society of America», «Society of Economic Geologists», «American Institut of M. & M. Engineers».

BAIN (Mr. H. Foster), Secretary of American Inst. of M. & M. Eng., President of the Society of Economic Geologists. Delegado de la «Soc. of Economic Geologists», «Amer. Inst. M. & M. Eng.».

*REYNDERS (Mr. John N. W.), Past President of the American Institute of M. & M. Engineers.—Delegado del «American Institute of M. & M. Engineers».

POWERS (Mr. Sidney), M. A., S. M., Ph. D., Chief Geologist of the Amerada Petroleum Corporation.—Delegado de la «Society of Economic Geologist», de la «Tulsa Geological Society», de la «American Association of Petroleum Geologists» y del «Williams College».

POWERS (Mrs. Sidney).

WRIGHT (Mr. Louis A.), Mining Engineer, Member of the American Institute of M. & M. Eng., Mining & Metallurgical Society of America and of the Institute of Mining & Metallurgy London.

KNECHTEL (Mr. Maxwell M.).

WRATHER (Mr. William Embry).—Delegado del «American Institute of M. & M. Engineers» y de la «Amer. Assoc. of Petroleum Geologists».

WRATHER (Mrs. W. E.).

KUNZ (Mr. George Frederik), A. M. Ph. D., Sc. D. Miembro de la «Geological Society of America».

HALL (Mr. George M.), Instructor of Geology of the John Hopkins University.

THOMAS (Chester Reams), A. B. Member A. A. P. G., A. I. M. M. E., Society of Economic Geology.—Delegado de la «Tulsa Geological Society», «Kansas Geolog. Society», «Amer. Assoc. of Petroleum Geologists».

*HAYNES (Mr. Winthrop), Geologist.—Delegado de la «American Association of Petroleum Geologists».

*CROOKS (Mr. Harold), Geologist.

KEYES (Mr. Charles), A. M. Ph. D., ex President of the New Mexico State School of Mines.

CLELAND (Mr. Herdman F.), Prof. Dr.—Delegado del «Williams College».

CLELAND (Mrs. H. F.).

GARDNER (Miss Julia), Ph. D.—Delegada del «U. S. Geological Survey».

*WEINZIERL (Mr. John Frederick), Consulting Geologist with the North American Exploration Company.

BATEMAN (Mr. Alan M.), Prof. of Economical Geology of the Yale University; Ed. in Chief of the Journal of Ec. Geol. Ed. of the Americ. Journal of Sc.—Delegado de la «Geol. Society of America»; «Yale University», «Society of Economic Geologists».

BATEMAN (Mrs. Alan M.).

ULRICH (Mr. Edward O.), D. Sc.—Delegado del Gobierno, de la «Smithsonian Institution» y del «U. S. Geol. Survey».

- LEITH (Mrs. C. K.).
- MERRILL (Mr. George P.), Head Curator of Geology.—Delegado del Gobierno, de la «Smithsonian Institution» y de la «Geol. Society of America».
- QUIRKE (Mr. Terence Thomas), F. M., M. Sc., Ph. D.—Delegado de la «Illinois State Academy of Science».
- THOMAS (Mrs. Martha D.).
- *RIES (Mr. Heinrich), Prof. of Geology of the Cornell University.
- *TRAINER JR. (Mr. David W.), Instructor of the Cornell University, Dept. of Geology.
- *The American Geographical Society, New York.
- *HART (Mr. Gilbert), Geologists and Explorer.
- *The Tulsa Geological Society, Tulsa, Oklahoma.
- SELLARDS (Mr. E. H.), Associate Director of the University of Texas, Bureau of Economic Geology.—Delegado de la «American Association of Petroleum Geologists».
- VAN SICLEN (Mr. Matthew), Engineer in Charge, Division of Mining Research, U. S. Bureau of Mines.
- MARTIN (Mr. Frederik Oscar), F. R. G. S.—Delegado de la «American Association of Petroleum Geologists».
- *The American Association of Petroleum Geologists, Norman, Oklahoma.
- *LOUDERBACK (Mr. George Davis), Prof. of Geology, University of California.
- *VAN WATERSCHOOF VAN DER GRACHT (Mr. W. A. J. M.).
- *LOWE (Mr. Ephraim Noble), M. D., Ph. D., Director of the Mississippi Geological Survey.
- NAYLAND VAUGHAN (Mr. Thomas), A. M., Ph. D., Prof. of Oceanography and Director of the Scripps Institution of Oceanography in the University of California.
- *BERRYMAN SCOTT (Mr. William).—Delegado de «Princeton University», «Geol. Society of America», «Amer. Philosophical Society».
- BONINE (Mr. Clushigh A.).—Delegado del «Pennsylvanian State College».
- *JOHNSON (Mr. J. Harlan), Prof. of Geology, Colorado School of Mines.
- WHITLOCK (Mr. Herbert P.), Curator of Mineralogy, American Museum of Natural History, New York.
- *WHITE (David), Chairman Division of Geology & Geography, National Research Council.
- *STAUFFER (Clinton R.), Geologist, University of Minnesota.
- *WOLFF (Mr. John E.), Prof. of Petrography and Mineralogy, Harvard University (Emeritus).
- SINCLAIR (Mr. Joseph H.), Geologist.
- SINCLAIR (Mrs. J. H.)
- BAIN (Mrs. H. F.)
- ASHLEY (Mr. George H.), State Geologist.
- PUTNAM (Mr. Palmer C.), M. Sc.
- ASHLEY (Mrs. Mary M.)
- SHAW (Mr. Eugene W.), Consulting Geologist.
- JILLSON (Mrs. O. G.)
- HELLMANN (Mr. Fred), Member of the Institute M. & M. Engineers and M. & M. Society of America.
- HELLMANN (Mrs. F.)
- WASHINGTON (Mr. Henri S.), Member of the Geophysical Laboratory (Carnegie Institution).

Estonia

SCUPIN (H. Hans), Dr. phil., Prof. an der Universität Dorpat. — Delegado del «Mineralogisches Institut der Univ. Dorpat».

SCUPIN (Frau Lotte).

Finlandia

SEDERHOLM (M. Jakob Johannes), Dr., Directeur de la Commission Géol. de Finlande.—Delegado del Gobierno.

HACKMAN (M. Victor Axel), Géologue d'Etat.

BORGSTROIN (M. Léon H.), Dr., Prof. de Minéralogie. — Delegado de la «Société des Sciences de Finlande», et de la «Soc. Géologique de Shlsing».

BORGSTROIN (Mme. L. H.)

Francia

FALLOT (M. Paul), Prof. de Géologie à l'Université de Nancy, Directeur de l'Institut de Géologie appliquée à l'Université de Nancy.—Delegado de la «Université de Nancy».

BIGOT (M. Alexandre), Doyen de la Faculté des Sciences de l'Université de Caen, Correspondant de l'Institut de France. — Delegado del «Ministère de l'Instruction Publique» y de la «Université de Caen».

*VESIGNÉ (M. Jean), Lieutenant-Colonel d'Artillerie dans l'Armée Française.

NICOU (M. Paul), Ingénieur au Corps des Mines, Prof. à l'Ecole Nationale des Ingénieurs des Mines de Paris.

PLOTTON-VILLEMAGNE (M. Barthélémy), Ingénieur de la Société de Pont-à-Mousson, Directeur technique de la So-

ciété des Mines de la Plague, Directeur général de la Société des Mines du Bou-Jaber (Tunisie).

TERMIER (M. Pierre Marie), Membre de l'Académie des Sciences, Prof. à l'Ecole des Mines de Paris, Directeur du Service de la Carte Géologique.—Delegado del «Ministère des Travaux Publics» y del «Service Géologique de l'Indo-Chine».

RAGUIN (M. Eugène), Ingénieur au Corps des Mines, Attaché au Service de la Carte Géologique.—Delegado del «Ministère des Travaux Publics».

*CAMENA D'ALMEIDA (M. Pierre Joseph), Professeur de Géographie à l'Université de Bordeaux.

FALLOT (Mme. P.)

MILON (M. Ives), Assistant de Géologie à la Faculté des Sciences de l'Université de Rennes (Ille-et-Vilaine).

* Institut de Géologie appliquée de l'Université de Nancy.

DELÉPINE (M. Gaston Georges), Professeur de Géologie à l'Université Catholique de Lille. — Delegado de la «Société Géologique du Nord».

*BARROIS (M. Charles), Professeur à l'Université de Lille, Vice-président de l'Académie des Sciences de France.

*Laboratoire de Géographie physique de la Faculté des Sciences de Paris.

*S. A. des Hauts-Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson.

*CHAPUT (M. Jules Ernest), Prof. de Géologie et de Paléontologie à la Faculté des Sciences de Strasbourg.

PRUVOST (M. Pierre Eugène), Prof. de Géologie appliquée à l'Université de Lille. — Delegado de la «Université de Lille» y de la «Société Géologique du Nord».

PRUVOST (Mme. P. E.).

DUNY (M. Charles), Ingénieur civil des Mines. — Delegado de la «Compagnie des Mines de Mokta-el-Hadid».

* TALLON (M. Pierre), Administrateur-Délégué de la Compagnie de Aguilas-Paris.

JUNG (M. Jean), Prof. de Géologie à l'Ecole Nat. Sup. du Pétrole de l'Univ. de Strasbourg.—Delegado de la «École Nationale Supérieure du Pétrole».

JUNG (Mme. J.).

DEMAY (M. André), Ingénieur au Corps des Mines, Prof. à l'École Nationale des Mines de St.-Etienne.— Delegado de la «École Nationale des Mines de St.-Etienne».

MAURY (M. Jules), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ing. à la Société Alsacienne et Lorraine de Recherches Minières.

LANTENOIS (M. Honoré Félix), Inspecteur général des Mines

* M. le Directeur général des Usines de Produits Chimiques de la Société de St.-Gobain.

LEROUX (M. Jean), Etudiant en Géologie à la Faculté de Lille. Delegado de la «Société des Ingénieurs Civils».

LEROUX (Mlle. Simone), Etudiante en Géologie à la Faculté de Lille.

THIRY (M. René), Directeur général de la Société de Forage et d'Entreprises Minières Trefor.

* CHEVALIER (M. Marcel René), Dr. ès Sc. Naturelles de l'Université de Paris, ex Prof. de la Faculté des Sciences à Paris.

* LAMOTHE (M. Léon de), Général de Division, Membre de la Société Géologique de France, Membre Correspondant de la Soc. Géologique de Belgique.

MARGERIE (M. Emmanuel de), Directeur du Service de la Carte Géologique d'Alsace et Lorraine.— Delegado del «Ministère de l'Instruction Publique».

MASSENET Y CABANES (M. Alfred), Ingénieur.

BERTRAND (M. P. Charles Edouard), Paléobotaniste, Prof. à la Faculté des Sciences de l'Université de Lille.

MAURICE (M. Joseph), Ingénieur des Mines.

* GLANGEAUD (M. Louis), Licencié ès Sc., Collaborateur au Service de la Carte Géologique de l'Algérie.

LEPRINCE-RINGUET (M. Félix), Inspecteur général des Mines.

WERNERT (M. Paul), Chancelier du Consulat d'Espagne à Strasbourg.

LAMARE (M. Pierre J. Henri), Préparateur au Collège de France, Collaborateur auxiliaire au Service de la Carte Géologique.

* BLONDEL (M. F.), Chef au Service Géologique de l'Indochine.

* TAMBELAINE LAMARET (M. Alexandre), Ingeniero Consultor de la Compañía de los Ferrocarriles de M. Z. A.

* DELAGE (M. Edmond), Ingénieur civil des Mines.

* BENASTIER BROUAT (M. Hubert), Ingénieur Directeur des Mines de cuivre de S. Platon, Membre de la Société des Ingénieurs civils de France.

BERTRAND (M. Léon), Prof. à l'Université de Paris et à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.—Delegado del «Ministère de l'Instruction Publique» y de la «Université de Paris».

BERTRAND (Mme. L.).

* FÉBRE (M. Lucien Francis), Ancien Ingénieur en Chef des Mines.

* VIENNOT (M. Pierre), Vice-président de la Société Géologique de France, Agrégé, Préparateur de Géol. appliquée à la Faculté des Sciences.

CAYEUX (M. Lucien), Prof. au Collège de France et à l'Institut National Agronomique, Membre de l'Académie d'Agriculture.—Delegado del «Laboratoire de Géologie du Collège de France».

* GONIN (M. Federico), Ingeniero de Minas.

* Laboratoire de Géologie du Collège de France.

* Société Française des Pyrites de Huelva.

* HERMANN (M. A.).

* HERMANN (M. J.).

HAUG (M. Emile), Profesor de Géologie à la Faculté de Géologie de l'Université de Paris, Membre de l'Institut.—Delegado del «Ministère de l'Instruction Publique» y de la «Université de Paris».

PFENDER (Mme. Juliette), Assistante au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

* MOURE (M. George Juvenal).

* LACROIX (M. Alfred), Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

DEPÉRET (M. C.), Prof. à l'Université de Lyon.—Delegado del «Ministère de l'Instruction Publique» y de la «Académie des Sciences», Président de la Délégation Française.

JACOB (M. A.), Prof. au Laboratoire de Géologie, Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse.—Delegado del «Ministère des Colonies» y del «Service Géologique de l'Indo-Chine».

* Service de la Carte Géologique d'Alsace et Lorraine.

* Bureau d'Etudes Economiques, Industrielles et Agricoles, Paris.

DAGUIN (M.), Géologue au Laboratoire de Géologie à Montpellier.

BOURBON (M. Charles Antoine), Ingénieur des Arts et Manufactures.—Delegado de la «Société des Ingénieurs civils de France».

* Société des Ingénieurs civils de France.

* MARIGNAC (Mme. O.).

* GIGNOUX (Maurice), Prof. de Géologie à l'Université de Grenoble.

* ASTRÉE (M. Gaston), Assistant de Géologie à la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse.

* O'GORMAN (M. le Comte), Membre de la Société Géologique de France.

* DUFFOUR (M. A.), Professeur de Minéralogie à la Faculté des Sciences, Toulouse.

HAMIL (M. Georges), Ingénieur.

* BOURCART (M. Jacques Paul), Doctor es Sciences, Asistant à la Sorbonne, Chef de la Mission géologique permanente au Maroc.

Grecia

* KTÉNAS (M. Const. A.), Membre de l'Académie d'Athènes, Prof. ord. à l'Université d'Athènes.

* VORÉADIS (M. Georges), Dr. Sc., Géologue de l'État.

* GEORGALAS (M. Georges), Prof. Dr., Directeur du Bureau Géologique de Grèce, Professeur de Géologie à l'École Supérieure d'Agriculture.

Guatemala

TRAUMANN (D. Enrique), Cónsul general en Madrid.—Delegado del Gobierno.

Honduras

MANRIQUE DE LARA (D. Enrique), Gentilhombre de Cámara de S. M. el Rey de España, Miembro de la Real Academia Hispano Americana de Ciencias y Artes.—Delegado del Gobierno.

Hungría

ZSIVNY (Mr. Viktor), Keeper of the Mineralogical and Paleontological Dept. of the Hungarian National Museum.

* Mineralogical Department of the Magyar Nemzeti Múzeum.

* VIZER (H. Wilhelm), Königl. Ungarischer Oberbergrat, Bergdirektor d. Ung. All. Kohlenbergbau-A. G.
* VIDA (H. Eugen), Vizepräsident, Generaldirektor d. Ung. Allgem. Kohlenbergbau-A. G.
* SCHAFARZIK (H. Franz), Prof. a. d. Techn. Hochschule, Budapest.
* SCHERF (H. Emil), Ingenieur, Königl. Ungar. Chemiker.
* TAEGER (H. Heinrich), Dr. phil., Geologe.
MAURITZ (H. Béla), O. o. Prof. der Mineralogie u. Petrographie a. d. Königl. Ungar. Universität, Budapest.
LÓCZY (M. Louis de) Prof. der Ökonomischen Geologie a. d. ökonom. Fakultät d. Univers. Budapest.
NOPCSA (M. le Baron François), Directeur de l'Institut Royal de Géologie de Hongrie.—Delegado del Gobierno y del «Institut Royal Géologique».
LASZLÓ (M. Gabriel de), Dr. ès phil., Géologue en Chef à l'Institut Royal Géol. de Hongrie.—Delegado del Gobierno.
PAPP (H. Karl von), Prof. der Geologie a. d. Universität Budapest.
PAPP-BALOGH (Fr. Margarethe), Oberlehrerin im Mädchen-gymnasium.
* RUTTKAY (H. Udo de), Ing., Cónsul de Hungría en Barcelona.
MAURITZ (Fr. B.).
KUTASSY (H. Endre), I Assistant a. Geolog., Institut d. Universität Budapest.
BÖHM (Fr. Emma), Ministerialratsgattin.
PAVAI VAINA (H. Franz), Kgl. ung. Oberbergrat.—Delegado del «Kgl. ung. Finanzministerium».
BÖHM (H. Franz), Kgl. ung. Ministerialrat., Dipl. Berginge-nieur.—Delegado del «Kgl. ung. Finanzministerium».
VON BANDAT (H. Horst).—Universitäts Assistent.

Indias Holandesas

* BUNGE (E. M.), Geologist, The Royal Dutch Oil Comp., Borneo.
ZWIERZYCKI (Mr. Jozef), Dr. Phil. and Mining Engineer.

Indias Inglesas

FERMOR (Mr. Lewis Leigh), Dr., Superintendent, Geological Survey of India.—Delegado del Gobierno de India.
MAC ROBERT (Lady), B. Sc., F. G. S.

Inglaterra

DEWEY (Mr. Henry), President of the Geologists' Association, H. M. Geological Survey.
DEWEY (Mrs. Bothild M.), Life Member of the Geologists' Association.
JOHNSTON (Miss Mary S.), F. G. S., F. R. G. S., F. Z. S.
* TUNBRIDGE (Mr. Edward William), Notary Public, Bachelor of Science, Miembro de la «Geological Society of London».
HERDSMAN (Mr. William H.).
GREGORY (Mr. John Walter), Prof., Dr. Sc., F. R. S.—Delegado de los Gobiernos de Inglaterra y Australia.
GREGORY (Miss Ursula Joan).
* RAISTRICK (Mr. Arthur), Ph. D., M. Sc., F. G. S.
EVANS (Mr. John William), C. B. E., D. Sc., F. R. S., F. G. S., Lecturer on Petrology, Imperial College of Sciences.—Delegado de la «Geological Society of London».
RAISIN (Miss Catherine A.), D. Sc., F. G. S., F. R. G. S., F. L. S.
TAPP (Mr. William Munro), Doctor.
BELL (Mr. W. Heward), J. P.

BOSWELL (Mr. Percy George Hamnal), D. Sc., Prof. of Geology.

BATHER (Mr. Francis Arthur), D. Sc., F. R. S., President of the Geol. Society of London, Keeper of the Geol. Dept. of the British Museum.—Delegado de la «Geological Society of London».

MONTAG (Mr. Emil), Fellow of the Geol. Society of London.

BAILEY (Mr. Edward Battersby), M. C., B. A., District Geologist H. M. Geol. Survey Scotland.

BAILEY (Mrs. Alice), F. of the Edinburgh Geol. Society.

MATLEY (M. Charles Alfred), D. Sc., F. G. S.

MATLEY (Mrs. Annie).

HUDSON (Mr. R. G. S.), M. Sc., F. G. S.

NOEL (Mrs. Emilia Frances), F. L. S.

WYLLIE (Mr. Bryce Kerr Nairn), M. A. B. Sc., F. G. S., F. R. G. S., Member of the Inst. M. M.

FLETT (Sir John Smith), K. B. E., D. Sc., F. R. S., L. L. D., F. G. S., Director of the Geol. Survey of Great-Britain and of the Museum of Practical Geology.—Delegado del Gobierno, del «Dominion of Australia» y del «Dept. of Scientific & Industrial Research», London.

RYBOT (Mr. N. V. L.), Major (D. S. O.)

HOWE (Mr. John Allen), O. B. E., B. Sc., Member of the Inst. of Min. & Metall., F. G. S., Assistant Director of the Geol. Survey.—Delegado del Gobierno.

MULES (Mr. John C. G.), B. Sc., Civil Engineer.

* LLOYD (Mr. George C.), Secretary of Iron & Steel Institute.

* LLOYD (Mrs. G. C.).

* MICHELSON (Mr. Samuel), Member of the London Geological Association.

MACLEOD (Mr. William Alexander), B. Sc., Member of the Institute of M. & M. Engineers.

SOLLAS (Mr. William Johnson), Sc. D., Cantab., Ll. D. Dublin,

Ph. D. Xania, F. R. S., Prof. of Geology in the University of Oxford.—Delegado del Gobierno.

* BROUGHTON-EDGE (Mr. Arthur), B. Sc., A. R. S. M., F. G. S.

* BELINFONTE (Mr. Leo Louis), Permanent Secretary of the Geological Society of London.

ROBERTS (Mr. John), D. I. C., M. I. Min. E., F. G. S., Fuel Technologist.

Italia

CREMA (Sig. Camillo), Ing., Dr. ès Sc., Géologue en Chef au R. Ufficio Geologico.—Delegado de la «Reale Società Geografica Italiana» y «Associazione Mineraria Italiana».

* R. Ufficio Geologico. Roma.

* DAL PIAZ (Sig. Giorgio), Prof. de Géologie à l'Université de Padoue.

* Reale Società Geografica Italiana.

* PORTIS (Sig. Alessandro), Prof. ordinaire de Géologie et Paléontologie à l'Université de Rome.

CERULLI-IRELLI (Sig. Serafino), Dr. et Maître des Conférences en Paléontologie à l'Université de Rome.—Delegado de la «Società Geologica Italiana».

SALVADORI (Sig. Ricardo), Prof. Ingeniero, Consejero Delegado de la «Monte Amiata, S. A.», y de la «Italo Radio, S. A.»

* FRIEDLAENDER (Sig. Immanuel), Dr. phil., Directeur du «Vulcaninstitut Immanuel Friedlaender».

* Associazione Mineraria Italiana.

ROVERETO (Sig. Gaetano), Prof. Reale Istitut. de Geologia.

* MERCIAI (Sig. Giuseppe), Prof. incaricato de Geologia fisica.

STEFANINI (Sig. Giuseppe), Prof. de Géologie à l'Université de Modena.—Delegado de la «Università di Modena».

- * Istituto Sperimentale delle Ferrovie dello Stato.—Delegado:
Sig. Leo Maddalena.
- * SEGRÉ (Sig. Claudio), Ing. Grande Ufficiale.
- * SACCO (Sig. Federico), Prof. de Géol. au Polytechnicum et de Paléont. à l'Université de Turin.
- * GORTANI (Sig. Michel), Prof. de Géologie à l'Université de Bologne.
- * Società Geologica Italiana.
- * CERRUTI (Sig. Camilo), Ingenere, Commendatore.—Delegado de la «Società Italiana di Scienze Naturali».
- * DE ANGELIS D'OSAT (Sig. Gioacchino), Direttore Museo e Laboratorio di Geologia, R. Istituto Superiore Agrario di Perugia.
- WRIGHT (Comm. Charles W.), Ingenere minerario.
- WRIGHT (Mrs. Ch. W.).

Japón

- * NODA (Mr. Sejiro).
- * INOUYE (Mr. Kinosuki), Rigakuhakushi, ex Director of the Geological Survey of Japan, President of the Ryojun College of Engineering.
- OINOUYE (Mr. Yoshichika), Chief Geologist, Geological Survey of Japan.—Delegado del Gobierno.
- * ICHIKAWA (Mr. Shimmatsu), Member of the Geological Society of Tokyo.
- OGURA (Mr. Tsutomu), Service of the Ryojun Engineering College, Port-Arthur.
- * MURAKAMI (Hanzo), Chief Geologist Geological Survey of Japan.
- * Ryojun College of Engineering, Port-Arthur.

Letonia

- KRAUSS (H. Ernst), Dr. o. Prof. f. Geologie u. Paläontologie, Direktor des Geol.-Paleont. Instituts der Universität Riga.—Delegado de la «Lettland Landesuniversität».

Marruecos

- * RUSSO (M. Phibert Augustin François), Collaborateur au Service de la Carte Géologique du Maroc; Dr. ès Sc. Naturelles, Chef du Service Hydr. de l'Armée au Maroc.
- DESPUJOLS (M. Pierre), Ingénieur en Chef des Mines du Gouvernement chérifien.

Méjico

- * Instituto Geológico de Méjico.
- * VILLARELLO (D. Juan D.), Ing. de Minas, Jefe del Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos y Director del Instituto Geológico de Méjico.
- VIVAR (D. Gonzalo), Geólogo del Inst. Geológico de Méjico. Delegado del Gobierno, del «Inst. Geol.» y de la «Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo».
- AGUILAR Y SANTILLÁN (D. Rafael).—Presidente honorario y Secretario perpetuo de la Sociedad científica «Antonio Alzate».

Noruega

- FOSLIE (Mr. Steinar), State mining geologist at the Geological Survey of Norway.
- FOSLIE (Mrs. Glenie).
- KOLDERUP (Mr. Niels H.), Amanuensis.

ANDRESEN (Mr. Jean C.), Ingeniero de Minas.

HOLTEDAHL (Mr. Olaf), Ph. D., Prof. of Historical Geology
at the University of Oslo.—Delegado del Gobierno.

CARSTENS (H. Carl Wilhelm), Dr. phil., Dozent für Mine-
ralogie.

Nueva Zelanda

* MARSHALL (Mr. Patrick), Dr. Professor.

Nyassalandia

DIXEY (Mr. Frank), D. Sc., F. G. S., F. R. G. S., Government
Geologist of Nyassaland.

Países Bajos

* MOLENGRFAAFF (Mr. Gustaaf A. F.), Prof. Dr. of Geology.
Delegado de la «Royal Academy of Sciences».

VAN BAREN (Mr. I.), Prof. of Geology, Agricultural Univers.
Delegado de la «Agricultural University».

VAN SMALEN (Mr. I.), Collaborateur adjoint à l'Institut Géol.
de l'Université d'Agriculture.

IDENBURG (Mr. Abraham), Assistant of the Geological Insti-
tute of the Agricultural University.

PANNEKOEK VAN RHEDEN (Mr. J. J.), Dr. Sc., Geologist of
the Geol. Survey of the Netherlands.

REINHOLD (Mr. Thomas), Dr. Sc., Geologist of the Geol. Sur-
vey of the Netherlands.

* ZWIERZYCKI (M. Josef), Dr. phil. and Mining Engineer.

* VERBEEK (Mr. H.).

TAVERNE (Mr. N. J. M.).—Delegado del Ministerio de Colo-
nias y del «Bureau of Mines of the Dutch East Indias,
Bandoing-Java».

TAVERNE (Mme.).

TESCH (Mr. Pieter), Dr. Ing., Director of the Geolog. Survey
of the Netherlands.—Delegado del Gobierno.

* GERTH (Mr. Heinrich), Prof., Conservator of the Ryks Geol.
Mineral Museum.

* ABENDANON (Mr. Eduard Cornelius), Prof. of the University
of Amsterdam.

VAN BEMMELEN (Mr. R. W.).

BROUWER (Mr. H. Albert), Prof. Dr., Prof. of Geology, Mem-
ber of the Royal Academy of Sciences of Amsterdam.—
Delegado del Gobierno, de la «Society of Economic Geo-
logists» y de la «Royal Academy of Sciences».

HUPKES (Mr. Léonard), Ingénieur.

* VAN DOORINCK (M. Nicolaas Hendricus), Ingénieur des
Mines, Géologue à l'Union Minière du Haut-Katanga.

MEKEL BRANDAN (Mr. J.), Ingeniero de Minas de la «Bataaf-
sche Petroleum Maatschappij».

* NASH (Mr. James M. W.), Ingénieur des Mines, Université
Technique, Delft.

Panamá

LASSO DE LA VEGA (D. Melchor), Encargado de Negocios
de la República de Panamá.—Delegado del Gobierno.

Perú

* Sociedad Geológica del Perú, Lima.

* LISSON (D. Carlos I.), Doctor en Ciencias, Ingeniero de
Minas, Catedrático de la Universidad y Escuela de
Ingenieros.—Delegado de la «Sociedad Geológica del
Perú».

* BERRY (Mr. E. Willard).

Polonia

MOROZEWICZ (M. Joseph), Prof., Directeur du Service Géologique de Pologne, Membre actuel de l'Académie Polonoise des Sciences à Cracovie.—Delegado del Gobierno.

ARCTOWSKI (M. Henryk), Prof., Dr. Inst. Geofisiki Universitet Lwów.—Delegado de la «Universidad Jean Casimir».

ARCTOWSKA (Mme.).

SWIDERSKI (M. Bohdan), Géologue.

* HORWITZ (M. Ludwick), Dr. ès Sc., Géologue au Service Géol. de Pologne.

ZUBER (M. Stanislas), Dr. phil., Assistant à la chaire de Géologie à l'Université de Lwów.

FOLUSIEWICZ (M. Alexandre), Ingénieur des Mines, Ancien Prof. adjoint de l'Académie des Mines à Cracovie.

FOLUSIEWICZ (Mme. Marie).

LUNIEWSKI (M. Adam), Dr. ès Sc., Collaborateur de la Commission Physiographique de l'Académie Polonoise des Sciences.

* KONIC (Mlle. Stefanja), Prof. de Gymnase, Membre de la Société de Géologie de Pologne.

LENCEWICZ (M. Stanislaw), Prof. à l'Université de Varsovie.

* CZARNOCKI (M. Jan), Géologue du Service Géologique de Pologne.—Delegado del «Instituto Geológico de Polonia».

KUZNIAR (M. Czeslaw), Dr., Géologue en Chef du Service Géol. de Pologne.—Delegado del «Instituto Geológico de Polonia».

ROZEN (M. Zygmunt), Dr., Prof. de Minéralogie et Pétrographie à l'Ecole Sup. des Mines à Cracovie.—Delegado de «l'Académie des Mines à Cracovie».

KREUTZ (M. Stefan), Dr., Prof. de Minéralogie à l'Université

Jagiellonnienne à Cracovie.—Delegado de «l'Université de Cracovie».

GOETEL (M. Walery), Dr. ès Sc., Prof. de Géologie à l'Ecole Sup. des Mines à Cracovie.—Delegado de la «Academia de Minas de Cracovia».

NOWAK (M. Jan), Dr., Prof. de Géol. et de Paléontologie à l'Université Jagiellonnienne de Cracovie.—Delegado de la «Société Géologique de Cracovie».

* BOHDANOWICZ (M. Charles), Géologue.

SMULIKOWSKI (M. Casimir), Dr. phil. Assistant de la chaire de Pétrographie à l'Ecole Polytechnique de Lwów.

JÜNGST (M. Fryderyck), Ingénieur des Mines, Dir. en Chef des charbonnages de la «Soc. An. Giesche Sp. Ak.».

* ROGALA (M. Wojciech), Prof. de Géologie à l'Université de Lwów.

Portugal

OLIVEIRA MACHADO E COSTA (D. Alfredo d'), Prof. assistente da Facultade de Sciencias da Universidad de Lisboa, Cor. d'Artilleria.—Delegado de la «Facultad de Ciencias de la Universidad de Lisboa».

FLEURY (D. Ernest), Prof. à l'Institut Sup. Technique de Lisbonne.

OLIVEIRA MOUTA (D. Fernando d'), Ing.—Delegado del Gobierno, del «Ministerio de Colonias» y de la «Provincia de Angola».

CHATEAUNEUF VÉLEZ MOUTA (D.^a María E. de).

BORGES (D. Alexandre), Ing.—Delegado del Gobierno, del «Ministerio de Colonias» y de la «Provincia de Angola».

COSTA BORGES (D.^a M. Leopoldina de T.).

* BRAMAO (D. Vasco), Presidente da Secção de Minas e Geologia.—Delegado de «Associação Industrial Portuguesa».

* FERRAZ DE CARVAI HO (D. Anselmo), Prof. de Geologia e Director do Museu Mineralogico e Geologico da Univ. de Coimbra.

* RODRIGUES D'ASCENSAO (D. Joao).—Ingeniero de Minas.

* Direcção Geral de Minas.

* Serviços Geologicos.

Rodesia del Sur

MAUFE (Mr. Herbert Brantwood), Ba., F. G. S., Director of Geological Survey of Southern Rhodesia.—Delegado del Gobierno de Rodesia del Sur (Africa).

Rumania

POPESCU-VOITESTI (M. Ion), Dr. ès Sciences, Prof. de Géologie et Paléontologie à l'Université de Cluj.

METIANU (M. Trajan I.), Ancien Directeur Technique de la Soc. Steno Renana; Admin. de la Soc. Industria Româna de Petrol I R Z., D. P.

* MRAZEE (M. L.) Prof. à l'Université, Directeur de l'Institut Géol. de Rumanie.

* Institut Géologique de Roumanie.

SZADECZKY (M. Jules von), Prof., Dr., Géologue en Chef de l'Etat Roumain.

METIANU (Mme. Elena).

MACOVEI (M. Georges), Géologue en Chef de l'Institut Géol., Dr. Sc., Prof. à l'Ecole Polytechnique. — Delegado del «Instituto Geológico de Rumania».

ATANASIU (M. Ion), Géologue cl. II, à l'Institut Géolog., Assistant à l'Ecole Polytechnique.

MACOVEI (Mme. Catherine), Licenciée ès Sciences.

Rusia

* ARSINOW (M. Vladimir), Prof. à l'Université de Pétrograde. PAVLOW (M. Alexis Petrowitch), Prof. de Géologie à l'Université de Moscou, Membre effectif de l'Académie des Sciences.

PAVLOW (Mme. Marie W.), Prof. de Paléontologie à l'Université de Moscou, Membre corresp. de l'Académie des Sciences, Membre de l'Académie de l'Ukraine.

MOUCHKETOFF (M. Dimitri), Ingénieur des Mines, Prof. et Recteur de l'Inst. des Mines, Directeur de l'Inst. de Géophysique appliquée, Géologue en Chef, Directeur du Comité Géol. de Russie.

* MAMOUROVSKIJ (M. A. A.), Prof. agrégé de Minéralogie à l'Univ. de Moscou.

* VARSANOFIEVA (Mme. Vera A.), Prof. de Géologie à l'Université de Moscou. — Delegada de la «Société des Naturalistes de Moscou».

* LEBEDEW (M. Nicolas Josiphowitsch), Prof. des Berginstituts zu Ekaterinoslaw (Ukraine).

* FEDOROWSKY (M. N. M.), Directeur de l'Institut Minéral. et Métallurg. Lithogaea, de Moscou; Prof. de l'Acad. des Mines et de la 1^{re} Univ. de Moscou. — Delegado del «Institute of Economic Geology and Metallurgy Lithogaea», de la «Académie des Mines» y de la «1^{re} Université de Moscou».

BORISSIAK (M. Alexis), Prof. de l'Ecole des Mines à Leningrade, Correspondant de l'Académie des Sciences à Leningrade. — Delegado de la «Académie des Sciences de l'U. R. S. S.».

BORISSIAK (Mme. Alexandrine).

LOEWINSON-LESSING (M. François), Membre de l'Académie

des Sciences de Russie, Prof. à l'Université et à l'Institut Polytechnique de Leningrade.—Delegado de la «Académie des Sciences».

LOEWINSON-LESSING (Mme. Barbe).

* DOBRININ (M. Boris), Prof. de Géographie à l'Université de Moscou, Membre actuel de la Société Géog. Russe, de la Société des Amis des Sciences Naturelles, Anthrop. et Ethnolog. de Moscou, de la Société Mexicaine de Géographie et de Statistique.

CHOROWER (M. Charles), Docteur en Chimie.

JÉRÉMINE (Mme. Elisabeth), Dr. ès Sc., attachée au Laboratoire de Géologie à la Sorbonne.

NIKIFOROW (M. Pablo), Profesor de la Universidad de Leningrado, Jefe del Servicio Sismol. del Inst. Físico-Matemático de la Acad. de Ciencias de la U. R. S. S.—Delegado del «Institut Physique-Mathématique de l'Académie des Sciences», del «Institut de Géophysique appliquée du Suprême Conseil d'Economie Publique».

KARPINSKY (M. Alejandro), Presidente de la Acad. de Ciencias de la U. R. S. S., Director honorario del Comité Geol. de Rusia.

KARPINSKY (Mme. E. Tolmacheff).—Delegada del Instituto Físico-Matemático de la Acad. de Ciencias.

* JAKOWLEV (M. Nicolas), Directeur du Comité Géol. de Russie.

* GUÉRASTIMOW (M. Alexandre), Ingénieur des Mines, Géologue en Chef du Comité Géol. de Russie.—Delegado del «Comité Géol. de Russie (U. R. S. S.)».

MALIAVKIN (M. Simon), Géologue.—Delegado del «Comité Géologique de Russie».

ZAVARITSKY (D. Alexandre), Prof. Géologue.—Delegado del «Comité Géologique de Russie».

* MEFFERT (M. Boris), Géologue du Comité Géol. de Russie.—Delegado del «Comité Géol. de Russie».

* RENNGARTEN (M. Vladimir), Géologue.—Delegado del «Comité Géol. de Russie».

* GRIGORIEV (M. Joseph), Géologue.—Delegado del «Comité Géol. de Russie».

* WITTENBURG (M. Paul), Prof. à l'Université de Leningrade, Conservateur du Musée Géol. de l'Académie des Sciences.—Delegado de la «Acad. des Sciences» y de la «Université de Leningrade».

* WITTENBURG (Mme. Paul).

ISSATICHENKO (M. Boris), Prof. Dr., Chef du Laboratoire Microradiologique à l'Inst. Hydrol. de l'Etat.—Delegado del «Inst. Hydrologique de l'Etat».

* SOUTCHINSKY (M. Pierre), Prof. de Minéralogie et Pétrographie à l'Inst. Polytechnique.

BOLDIREV (M. A.), Prof. de Cristallographie et Minéralogie de l'Inst. des Mines à Leningrade, Dir. de l'Inst. de Fedoroff.

MOUCHKÉTOFF (Mlle. Haline), Étudiante.

* GRIGOROVITSCH-BERESOVSKY (M. N. A.), Prof. de Géologie et Paléontologie à l'Université du Caucase Nord.

* CHMIELEVSKYA (M. L.), Assistant à l'Institut Géol. et Paléont. de l'Université du Caucase Nord.

* ALEXEJEW (M. Alexis), Dr., Prof. de Géologie et Paléontologie à l'Institut de l'Instruction Publique à Odessa, du Comité Géologique russe.

MOUCHKÉTOFF (Mme.)

PAVLLOW (M. Alexandre Vladimirovich), Professeur de l'Institut des Ingénieurs de Moscou.

Sudán

GRABHAM (Mr. George Walter), M. A., F. R. S. E., F. G. S., Government Geologist of Anglo-Egyptian Sudan.—Delegado del Gobierno del Sudán Anglo-Egipcio.

* Geological Survey of Sudan, Khartoum.

Suecia

CARLBORG (Mr. Per August Harald), Mining Engineer, First Eng. of Royal Board of Trade.—Delegado de la «Svenska Teknologhöreninge Stockholm».

GEIJER (Mr. Per), Dr., Geologist of the Geol. Survey of Sweden.—Delegado de la «Kungl. Tekniska Hogskolan»; del «Geological Survey of Sweden»; de la «Iron Producers' Association»; de la «University of Stockholm»; de la «High School of Technology and Mining», y de la «Society of Econ. Geologists».

GAVELIN (Mr. Axel), Dr., Director of the Geological Survey of Sweden.—Delegado del Gobierno, del «Geological Survey of Sweden» y de la «Société Suédoise d'Anthropologie et de Géographie».

BRUNNBERG (Mr. Karl Gustav), Disponent, Mining Director.

ECKERMANN (Mr. Harry von), ph. D., Metallurgical and Mining Eng. President of Swedish Geol. Society.—Delegado de la «Swedish Geological Society».

ECKERMANN (Mrs. Ulla von).

HAMBERG (Mr. Axel), Prof. of the University of Upsala.

HAMBERG (Mrs. Sigrid).

FRÖDIN (M. Gustaf), Dr., Maître de conférences à l'Univ. d'Upsala.

BACKLUND (Mr. Helge G.), Prof. of Geology and Mineralogy of the University of Upsala.—Delegado de la Universidad de Upsala.

BAECKSTROM (Mr. Alef), Chief Geologist of Central gruppens Emissions A-B.

HADDING (Mr. Assar), Fil. Dr., Docent at the University of Lund.—Delegado del «Club Géologique del Lund».

HADDING (Mrs. V.).

RÜS (Mr. Helge), Fil. Kand.

* GEER (M. le Baron Gerard de), Prof. Dr.

GRÖNWALL (M. Karl Axel), Prof. de Géologie et de Minéralogie à l'Université de Lund, Dr. ès Sc.—Delegado del Gobierno.

* Institut Géologique et Minéralogique de l'Université de Lund.

QUENSEL (Mme. Annie).

* QUENSEL (Mr. Percy Dugeon), Prof. of Mineralogy and Petrography of the University of Stockholm.

Suiza

* REINHARD (Herr Max), Dr. Prof. der Universität Basel.

* BÜTTLER (M. Henri), Dr. ès Sciences de l'Université de Genève.

STAUB (M. Rodolphe), Dr. phil, attaché au Service de la Carte Géologique.

STAUB (Mme. Marie Margrit).

STAUB (M. Walther), Dr. der nat.

* TOBLER (M. Auguste), ph. D. au Musée d'Histoire Naturelle de Bâle.

* BUXTORF (H. August), Prof. für Geologie an d. Univ. Basel.

BLUMENTHAL (M. Maurice M.), Dr. ès Sciences, Géologue.

LUGEON (M. Maurice), Prof. à l'Université de Lausanne.—Delegado del Gobierno.

GUTZWILLER (M. Otto), Dr. en Géologie.

* DUPARC (M. Louis), Prof. à l'Université de Genève.—Delegado de la Universidad de Ginebra.

* ROLLIER (M. Henri Louis), Dr. Prof. Conserv. à l'Ecole Polytechnique.

* OULIANOFF (M. Nicolas), Dr. ès Sc., Privatdozent et Chef des travaux pratiques à l'Université de Lausanne.

CUSTER (M. Willy), Dr. ès Sc., Ingénieur Géologue.

ARGAND (M. Emile), Membre de la Commission Géologique suisse, Professeur de Géologie à l'Université de Neuchâtel.—Delegado de la Universidad de Neuchâtel.

Tún ez

- BERTHON (M. Louis), Ingénieur en Chef du Service des Mines de la Tunisie.
- SOLIGNAC (M. Marcel), Ingénieur Géologue de la Direction Générale des Travaux Publics.

Turquía

MALIK (M. Ahmed), Directeur de l'Institut de Géologie à l'Université de Stamboul, Prof. de Géologie à l'Ecole d'Ingénieurs.—Delegado de la Universidad de Stamboul.

III

Lista de Señores Delegados

Unión de África del Sur

HALL (Mr. Arthur Lewis), M. A., D. Sc., Assistant Director of the Geol. Survey of the Union of South-Africa.—Delegado del Gobierno de África del Sur.

* ROGERS (Mr. Arthur William), Sc. D.

Uruguay

FERNÁNDEZ Y MEDINA (D. Benjamín), Ministro de Uruguay en Madrid.—Delegado del Gobierno.

* TERRA Y AROCENA (D. Eduardo), Ingeniero, Prof. de Geología aplicada en la Facultad de Ingeniería de Montevideo.

África Occidental francesa

GOBIERNO.—Sr. Hubert.

Alemania

GOBIERNO.—Sres. E. Kaiser, J. P. Krusch y J. F. Pompeckj
(Presidente de la Delegación).

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.—
Sres. F. Broili y E. Kaiser.

GEOLOGISCHE LANDESANSTALT V. SACHSEN.—
Sr. F. Kossmat.

GEOLOGISCH - PALEONT. INSTITUT DER UNIVERSI-
TÄT HEIDELBERG.—Sr. W. Salomon Calvi.

GEOLOGISCHER VEREIN ZU SAALFELD.—Sr. G. We-
gener.

GESELLSCHAFT FÜR ERDKUNDE IN BERLIN.—Seño-
res R. Stappenbeck y G. Wegener.

GOETTINGER GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAF-
TEN.—Sr. H. Stille.

HANDELSHOCHSCHULE-BERLIN.—Sr. G. Wegener.

HEIDELBERGER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.
Sr. W. Salomon Calvi.

OBERRHEINISCHER GEOLOGISCHER VEREIN.—Señor
W. Salomon Calvi.

PREUSS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.—Sr. J.
F. Pompeckj.

PREUSS. GEODÄTISCHES INSTITUT.—Sr. G. Angenheister.

PREUSS. GEOLOGISCHE LANDESANSTALT.—Sres. G. Fliegel y W. Wolff.

PREUSS. MINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT, KUNST UND VOLKSBERGUNG.—Sr. H. Stille.

SÄCHSISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.—Sr. Rinne.

SÄCHSISCHE STAATSREGIERUNG.—Sr. F. Kossmat.

SENCKENBERGISCHE NATURFORSCHENDE GESELLSCHAFT.—Sr. Richter.

THÜRINGISCHE GEOLOGISCHE LANDESUNTERSUCHUNG.—Sr. W. von Seidlitz.

THÜRINGISCHE LANDESUNIVERSITÄT JENA.—Sr. W. von Seidlitz.

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.—Sr. W. Salomon Calvi.

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE.—Señor P. Kukuk.

WÜRTTENBERGISCHER LANDESUNIVERSITÄT TÜBINGEN.—Sr. Hennig.

Angola

GOBIERNO.—Sres. A. Borges y F. d'Oliveira Mouta.

Argentina

GOBIERNO.—Sres. R. Rigal y J. M. Sobral.

Australia

GOBIERNO.—Sres. Sir J. S. Flett y J. W. Gregory.

Austria

GOBIERNO.—Sr. C. Diener.

GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT.—Sr. G. Götzinger.

GEOLOGISCHES INSTITUT DER UNIVERSITÄT WIEN.

Sr. F. E. Suess.

INTERNATIONALE ERDÖL-UNION.—Sr. G. Götzinger.

SOCIEDAD DE INGENIEROS.—Sr. C. Doelter.

SOCIEDAD DE MINERALOGÍA.—Sr. C. Doelter.

PHIL. FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT WIEN.—Sr. C. Diener.

Bélgica

GOBIERNO.—Sres. J. Lebacqz, A. Renier y P. F. J. Fourmarier.

ACADEMIE ROYALE DE BELGIQUE.—Sres. J. Cornet y P. F. J. Fourmarier.

MUSÉE GÉOLOGIQUE DES BASSINS HUILERS DE BELGIQUE.—Sr. Asselberghs.

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE.—Sr. P. F. J. Fourmarier.

SOCIÉTÉ ROYALE BELGE DE GEOGRAPHIE.—Señorita M. A. Lefèvre.

UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES.—Sr. V. Brien.

UNIVERSITÉ DE LOUVAIN.—Sr. Asselberghs.

Bolivia

GOBIERNO.—Sr. Singewald.

Bulgaria

GOBIERNO.—Sr. S. Boncev.

Canadá

GOBIERNO.—Sr. E. R. Faribault.

CANADIAN INSTITUTE OF M. & M. ENGINEERS.—Señores E. R. Faribault y M. E. Wilson.

DEPT. OF GEOLOGY OF THE UNIV. OF TORONTO.—Sr. E. S. Moore.

DEPARTMENT OF MINES.—Sres. F. J. Alcock, E. R. Faribault y M. E. Wilson.

GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA.—Sres. H. M. Ami y A. Ph. Coleman.

GEOLOGICAL SURVEY.—Sres. F. J. Alcock, E. R. Faribault y M. E. Wilson.

MINERALOGICAL SOCIETY OF AMERICA.—Sr. T. L. Walker.

QUEENS' UNIVERSITY.—Sr. E. L. Bruce.

ROYAL SOCIETY OF CANADA.—Sres. F. J. Alcock, H. M. Ami, E. L. Bruce, A. Ph. Coleman, E. R. Faribault, E. S. Moore, T. L. Walker y M. E. Wilson.

SERVICE DES MINES DU MINISTÈRE DE LA COLONISATION DES MINES ET DES PÊCHERIES DE LA PROVINCE DE QUÉBEC.—Sr. E. R. Faribault.

UNIVERSITY OF MONTREAL.—Sr. E. R. Faribault.

Congo belga

UNION MINIÈRE DU HAUT KATANGA.—E. Richet.

Costa de Oro

GOBIERNO.—Sr. A. E. Kitson.

Cuba

GOBIERNO.—Sr. V. Kindelán.

Checoeslovaquia

GOBIERNO.—Dr. C. Purkyne.

ACADEMIE TCHÈQUE DES SCIENCES ET DES ARTS.

Dr. C. Purkyne, Prof. Dr. F. Slavik, Prof. Dr. R. Kettner.

DEUTSCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE, PRAGA.—Prof. Dr. K. A. Redlich.

ECOLE POLYTECHNIQUE TCHÈQUE A PRAGUE.—Prof. Dr. R. Kettner.

ECOLE SUPÉRIEURE DES MINES.—Prof. Dr. B. Stoces.

INSTITUTO GEOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD CHECA, EN PRAGA.—Prof. Dr. R. Kettner, Docent Dr. O Matousek.

MINISTÈRE DES ÉCOLES ET DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE.—Prof. Dr. F. Slavik.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.—Dr. C. Purkyne.

MUSÉE NATIONAL DE PRAGUE.—Dr. C. Purkyne.

SERVICE GÉOLOGIQUE.—Dr. C. Purkyne.

SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES DE LA BOHEME.—Prof. Dr. J. Wolrich.

SOCIETAS SCIENTIARUM NATURALIUM MORAVICA.
(Prirodovedecská společnost) Prof. Dr. J. Wolrich.

SOCIÉTÉ TCHECOSLOVAQUE DE MINÉRALOGIE ET DE GÉOLOGIE.—Prof. Dr. R. Kettner.

UNIVERSITÉ MASARIK A BRNO.—Prof. Dr. J. Wolrich.

Chile

GOBIERNO.—Sr. D. A. Pardo Correa.

China

GOBIERNO.—Sr. I. C. Sun.

GEOLOGICAL SURVEY OF CHINA.—Sr. I. C. Sun.

Dinamarca

GOBIERNO.—Sr. V. Madsen.

INSTITUTO GEOLÓGICO.—Sr. V. Madsen.

SOCIEDAD GEOLÓGICA.—Sr. V. Madsen.

Ecuador

GOBIERNO.—Sr. C. A. Naveda.

Egipto

GOBIERNO.—Sres. M. B. El Chourbagy Bey y H. Sadek.

España

ACADEMIA DE CIENCIAS.—D. F. Azpeitia y D. D. de Cortázar.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS.—D. J. Royo y Gómez.

AYUNTAMIENTO DE MADRID.—D. J. Barradas.

CAMARA MINERA DE CÓRDOBA.—D. A. Carbonell.

CONSEJO NACIONAL DE COMBUSTIBLES.—D. A. Mora Pascual.

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA.—D. M. San Miguel de la Cámara.

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE MADRID.—D. E. Hernández Pacheco.

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.—D. P. Ferrando.

JEFATURA DE MINAS DE CÓRDOBA.—D. A. Carbonell.
JUNTA PARA AMPLIACIÓN DE ESTUDIOS.—Conde de la Vega del Sella.

MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES.—D. L. Fernández Navarro.

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES DE BARCELONA.—D. M. San Miguel de la Cámara.

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS DE CÓRDOBA.—D. A. Carbonell.

REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL.—D. F. Gómez Llueca.

REAL SOCIEDAD GEOGRAFICA.—D. P. de Novo Chicarro.

ACADEMIA DE CIENCIAS DE ZARAGOZA.—D. A. de G. Rocasolano.

ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA.—D. L. de Villanueva.

INSTITUTO DE INGENIEROS CIVILES.—D. E. Fernández Miranda.

CÁMARA OFICIAL MINERA DE VIZCAYA.—D. R. de Rotaecche.

COMPAÑÍA ESPAÑOLA DE MINAS DEL RIFF.—D. A. del Valle.

INSTITUTO DE JOVELLANOS, GIJÓN.—D. J. Gómez de Llarena.

ESCUELA DE AYUDANTES DE MINAS DE MIERES.—
Director.

ESCUELA DE INGENIEROS AGRÓNOMOS.— Director.

ESCUELA DE INGENIEROS DE CAMINOS.— D. N. Puig de la Bellacasa.

ESCUELA DE INGENIEROS INDUSTRIALES.— Don J. Martínez Roca.

ESCUELA DE INGENIEROS DE MONTES.— Director.

INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA.— Director.

CONSEJO DE MINERÍA.— D. J. M. Rubio.

ESTACIÓN SISMOLÓGICA DE CARTUJA (Granada).— D. M. M.ª S. - Navarro Neumann, S. J.

ESTACIÓN SISMOLÓGICA DE TOLEDO.— D. A. Rey Pastor.

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE MADRID.— Don V. Fernández Ascarza.

LABORATORIO DE INGENIEROS MILITARES.— Don F. González.

COMPAÑÍA MINAS DE THARSIS.— D. C. Pizarro.

COMPAÑÍA MINAS DE RÍOTINTO.— D. J. Hereza.

SOCIEDAD DE CIENCIAS NATURALES DE BARCELONA.— D. B. Serradell.

SOCIEDAD FRANCESA DE PIRITAS DE HUELVA.— D. P. García Velázquez.

INSTITUTO GENERAL Y TÉCNICO DE ALICANTE.— D. D. Jiménez de Cisneros.

INSTITUTO GENERAL Y TÉCNICO DE TARRAGONA.— D. B. Darder.

MINAS DE ALMADÉN.— D. A. Sierra y Yoldi.

INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL.— D. J. de Elola.

COMPAÑÍA MINERO-METALÚRGICA «LOS GUINDOS».— D. F. Roemer.

SOCIEDAD RIEGOS Y FUERZA DEL EBRO.— D. F. Frasser.

ESCUELA NORMAL DE VALLADOLID.— D.ª M. V. Jiménez Crozart.

ESCUELA NORMAL DE MAESTROS DE MADRID.— D. V. Fernández Azcarza.

COMPAÑÍA MINERA Y METALÚRGICA DE PEÑARROYA.— D. A. Malye.

MUSEO DE CIENCIAS NATURALES DE BARCELONA.— D. J. Marcet.

MINAS DE ARRAYANES.— D. Enrique Centeno.

ESCUELA DE INGENIEROS DE MINAS.— D. E. Guillón.

FACULTAD DE CIENCIAS DE SEVILLA.— D. R. Ibarra.

INSTITUTO GENERAL Y TÉCNICO DE SEVILLA.— D. J. Novella.

INSTITUTO DEL CARDENAL CISNEROS, MADRID.— D. C. Arévalo.

ESCUELA NORMAL DE MAESTROS DE BARCELONA.— D. F. de Rueda.

ESCUELA SUPERIOR DEL MAGISTERIO.— D. E. Rioja.

INSTITUTO-ESCUELA.— D. F. Barnés y D. L. Crespi.

UNIVERSIDAD DE GRANADA.— D. P. Nacher.

SOCIEDAD IBÉRICA DE CIENCIAS NATURALES.— D. L. Navas, S. J.

INSTITUTO GENERAL Y TÉCNICO DE TERUEL.— D. G. Martín Cardoso.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO.— Don M. Lorenzo Pardo.

ESCUELA NORMAL DE MAESTRAS DE AVILA.— Doña B. E. Martín.

INSTITUTO GENERAL Y TÉCNICO DE CUENCA.— D. J. G. de Aguilar.

ESCUELA NORMAL DE MAESTRAS DE MADRID.—
D.^a D. Cebrián.
CENTRO EXCURSIONISTA DE CATALUÑA.—D. J. Ba-
taller.
INSTITUTO DE SAN ISIDRO, MADRID.—D. J. Dantín
Cereceda.
ESCUELA NORMAL DE MAESTROS DE ALBACETE.—
D. P. Vidal.
INSTITUTO GENERAL Y TÉCNICO DE GERONA.—Don
E. Aulet.
INSTITUTO GENERAL Y TÉCNICO DE SANTANDER.
D. O. Cendrero.

Estados Unidos

GOBIERNO.—Sres. H. F. Bain, H. G. Ferguson, M. I. Gold-
man, D. F. Hewet, J. F. Kemp, A. C. Lawson, C. K. Leith,
E. B. Mathews, G. P. Merrill, W. B. Scott, E. O. Ulrich,
M. Van Siclen y W. E. Wrather.
ACADEMIE OF NATURAL SCIENCES OF PHILADEL-
PHIA.—Sr. R. A. F. Penrose.
AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLO-
GIST.—Sres. De Golyer, W. Haynes, F. O. Martin,
S. Powers, E. H. Sellards, J. T. Singewald, Ch. R. Tho-
mas y W. E. Wrather.
AMER. GEOPHYS. UNION OF THE N. R. C.—Sres. Bo-
wen y A. C. Lawson.
AMERICAN INSTITUTE OF M. & M. ENGINEERS.—Se-
ñores H. F. Bain, De Golyer, J. F. Kemp, C. K. Leith, R.
A. F. Penrose, J. V. W. Reynders, T. A. Rickard y W.
E. Wrather.
AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY.—
Sr. Whitlock.

AMERICAN PHILOSOPHICAL SOCIETY.—Sr. W. B.
Scott.
ASSOCIATION OF AMERICAN STATE GEOLOGISTS.—
Sres. Ashley y Ed. B. Mathews.
COLORADO SCHOOL OF MINES.—Sr. Johnson.
COLUMBIA UNIVERSITY OF. N. Y.—Sr. J. F. Kemp.
COMMONWEALTH OF PENNSYLVANIA.—Sr. Ashley.
GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA.—Sres. H. M.
Ami, A. M. Bateman, A. Ph. Coleman, J. F. Kemp, A. C.
Lawson, C. K. Leith, E. B. Mathews, G. P. Merrill, R. A.
F. Penrose y W. B. Scott.
ILLINOIS STATE ACADEMY OF SCIENCES.—Sr. T. T.
Quirke.
JOHN HOPKINS UNIVERSITY.—Sres. E. B. Mathews y
J. T. Singewald.
KANSAS GEOLOGICAL SOCIETY.—Sr. Ch. R. Tho-
mas.
KENTUCKY ACADEMY OF SCIENCE.—Sr. W. R.
Jillson.
KENTUCKY GEOLOGICAL SURVEY.—Sr. W. R. Jillson.
MINERALOGICAL SOCIETY OF AMERICA.—Sres. Ch.
Palache y T. L. Walker.
NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES.—Sr. J. F. Kemp.
PENNSYLVANIA STATE COLLEGE.—Sr. C. A. Bonine.
PRINCETON UNIVERSITY, NEW JERSEY.—Sr. W. B.
Scott.
SMITHSONIAN INSTITUTION.—Sres. G. P. Merrill y E. O.
Ulrich.
SOCIETY OF ECONOMIC GEOLOGISTS.—Sres. H. F.
Bain, A. M. Bateman, H. A. Brouwer, P. Geijer, J. F.
Kemp, C. K. Leith, R. A. F. Penrose y S. Powers.
STATE OF MARYLAND.—Sr. E. B. Mathews.
SYRACUSE UNIVERSITY.—Sr. W. R. Jillson.

TULSA GEOLOGICAL SOCIETY.—Sres. S. Powers y
Ch. R. Thomas.

U. S. A. GEOLOGICAL SURVEY.—Sr. H. G. Ferguson,
Sra. J. Gardner, Sres. M. I. Goldman, D. F. Hewett y E.
O. Ulrich.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA.—Sr. A. C. Lawson.

UNIVERSITY OF SOUTH CAROLINA.—Sr. S. Taber.

UNIVERSITY OF TEXAS.—Sr. Sellards.

WILLIAMS COLLEGE.—Sres. H. F. Cleland y S. Powers.

YALE UNIVERSITY-CONNECTICUT.—A. M. Bateman.

Estonia

MINERALOGISCHES INSTITUT DER UNIVERSITÄT
DORPAT.—Sr. H. Scupin.

Finlandia

GOBIERNO.—Sr. J. J. Sederholm.

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE SHLSING.—Sr. L. H.
Borgstroin.

SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE FINLANDE.—Sr. L. H.
Borgstroin.

Francia

GOBIERNO.—Ministère de l'Instruction Publique: C. Depéret
(Presidente de la Delegación), E. Haug, L. Bertrand, E. de
Margerie y M. Bigot; Ministère des Travaux Publics: P. M.
Termier y E. Raguin; Ministère des Colonies: A. Jacob.

ACADEMIE DES SCIENCES.—Sres. P. Depéret, E. Haug y
P. M. Termier.

COMPAGNIE DES MINES DE MOKTA-EL-HADID.—Se-
ñor Ch. Duny.

ÉCOLE NATIONALE DES MINES DE ST.-ÉTIENNE.—Se-
ñor A. Demay.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DU PÉTROLE.—Se-
ñor J. Jung.

LABORATOIRE DE GÉOLOGIE DU COLLÈGE DE
FRANCE.—Sr. L. Cayeux.

SERVICE GÉOLOGIQUE DE L'INDOCHINE.—Señores
A. Jacob y P. M. Termier.

SOCIÉTÉ ANONYME DES HAUTS-FOURNEAUX ET
FONDERIES DE PONT-A-MOUSSON.—Sr. A. Beig-
beder.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS.—Sres. Ch. A. Bour-
bon y E. Leroux.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.—Sr. Ter-
mier.

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD.—Sres. Delépine,
Dollé y P. E. Pruvost.

UNIVERSITÉ DE CAEN.—Sr. A. Bigot.

UNIVERSITÉ DE LILLE.—Sr. P. E. Pruvost.

UNIVERSITÉ DE NANCY.—Sr. P. Fallot.

UNIVERSITÉ DE PARIS.—Sres. E. Haug y L. Bertrand.

Guatemala

GOBIERNO.—Sr. D. E. Traumann.

Holanda

GOBIERNO.—Sres. H. A. Brouwer y P. Tesch.

AGRICULTURAL UNIVERSITY.—Sr. J. Van Baren.

BUREAU OF MINES OF THE DUTCH EAST INDIES,
BANDOENG AND JAVA.—Sr. N. J. M. Taverne.

MINISTERIO DE COLONIAS.—Sr. N. J. M. Taverne.

ROYAL ACADEMY OF SCIENCES.—Sres. H. A. Brouwer
C. A. F. Molengraaff.

SOCIETY OF ECONOMIC GEOLOGISTS.—Señor H. A. Brouwer.

Honduras

GOBIERNO.—Sr. D. E. Manrique de Lara.

Hungría

GOBIERNO.—Sres. G. de László y Barón F. Nopcsa.

INSTITUT ROYAL GÉOLOGIQUE DE LA HONGRIE.—
Sr. Barón F. Nopcsa.

KGL. UNG. FINANZMINISTERIUM.—Sres. F. Böhm y
F. Pavai Vajna.

India

GOBIERNO.—Sr. L. L. Fermor.

Indochina

SERVICE GÉOLOGIQUE DE L'INDOCHINE.—Señores
A. Jacob y P. M. Termier.

Inglaterra

GOBIERNO.—Sres. Sir J. S. Flett, J. W. Gregory, J. A. Howe
y W. J. Sollas.

DOMINION OF AUSTRALIA.—Sres. Sir J. S. Flett y
J. M. Gregory.

DEPT. OF SCIENTIFIC & INDUSTRIAL RESEARCH
OF LONDON.—Sr. J. S. Flett.

GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON.—Sr. F. A. Ba-
ther y J. W. Evans.

MINERALOGICAL SOCIETY OF LONDON.—
Sir J. S. Flett.

Italia

ASSOCIAZIONE MINERARIA ITALIANA.—Sr. C.
Crema.

ISTITUTO SPERIMENTALE DELLE FERROVIE DELLO
STATO.—Sr. L. Maddalena.

REALE SOCIETA GEOGRAFICA ITALIANA.—
Sr. C. Crema.

SOCIETA GEOLOGICA ITALIANA.—Sr. S. Cerulli-
Irelli.

SOCIETA ITALIANA DI SCIENZE NATURALI.—
Sr. C. Cerruti.

UNIVERSIDAD DE MÓDENA.—Sr. G. Stefanini.

Japón

GOBIERNO.—Sr. Y. Oinouye.

Letonia

LANDESUNIVERSITÄT LETTLAND.—Sr. E. Krauss.

Méjico

GOBIERNO.—Sr. G. Vivar.

INSTITUTO GEOLÓGICO.—Sr. G. Vivar.

SECRETARÍA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABA-
JO.—Sr. G. Vivar.

Noruega

GOBIERNO.—Sres. S. Foslie y O. Holtedahl.
BERGENS MUSEUM.—Sr. N. H. Kolderup.
UNIVERSITÉ ROYALE FRÉDÉRIC.—Sr. O. Holtedahl.

Niasalandia

GOBIERNO.—Sr F. Dixey.

Panamá

GOBIERNO.—Sr. M. Lasso de la Vega.

Perú

SOCIEDAD GEOLÓGICA DEL PERÚ.—Sr. C. J. Lisson.

Polonia

GOBIERNO.—Sr. J. Morozewicz.
ACADEMIA DE MINAS DE CRACOVIA.—Sres. W. Goetel
y S. Rozen.
INSTITUTO GEOLÓGICO DE POLONIA.—Sres. J. Czar-
nocki y C. Kuzniar
MINISTERIO DE CULTOS E INSTRUCCIÓN PÚBLICA.
Sres. S. Kreutz y J. Nowak.
SOCIEDAD GEOLÓGICA DE POLONIA.—Sres. W. Goe-
tel y J. Nowak.
UNIVERSIDAD DE CRACOVIA.—Sr. S. Kreutz.
UNIVERSIDAD JEAN CASIMIR.—H. Arctowski.

Portugal

GOBIERNO.—Sres. A. Borges, A. d'Oliveira Machado e
Costa y F. d'Oliveira Mouta.
ASSOCIAÇÃO INDUSTRIAL PORTUGUESA.—Sr. V.
Bramão.
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE
LISBOA.—Sr. A. d'Oliveira Machado.
INSTITUT SUPÉRIEUR TECHNIQUE.—Sr. E. Fleury.

Rodesia del Sur

GOBIERNO.—Sr. H. B. Maufe.

Rumanía

INSTITUTO GEOLÓGICO DE RUMANIA.—Sr. G. Ma-
covei.
UNIVERSITÉ DE CLUJ.—Sr. I. Popescu-Voitesti.

Rusia

ACADEMIE DES MINES.—Sr. N. M. Fedorovsky.
ACADEMIE DES SCIENCES.—Sres. A. Borissiak, F. Loe-
winson-Lessing y P. Wittenburg.
COMITÉ GEOLOGIQUE DE RUSSIE.—Sres. J. Grigoriev,
A. Guerastimov, S. Maliavkin, B. Meffert, W. Renngarten
y A. Zavaritzky.
INSTITUT DE GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE DU CON-
SEIL SUPÉRIEUR D'ÉCONOMIE PUBLIQUE.—Sr. P.
Nikiforov.
INSTITUT PHYSICO-MATHÉMATIQUE DE L'ACADE-

MIE DES SCIENCES.—Sra. A. Karpinsky y Sr. P. Nikiforov.
INSTITUT HYDROLOGIQUE DE L'ÉTAT.—Sr. B. Issatchenco.
INSTITUTE OF ECONOMIC MINERALOGY AND METALLURGY «LITHOGAEA».—Sr. N. M. Fedorovsky.
SOCIÉTÉ DES NATURALISTES DE MOSCOU.—Sra. V. A. Varsanofieva.
1^{ère} UNIVERSITÉ DE MOSCOU.—Sres. E. M. Fedorovsky, A. P. Paulow, Marie W. Paulow.
UNIVERSITÉ DE LENINGRADE.—Sr. P. Wittenburg.

Sudán

GOBIERNO DEL SUDAN ANGLO-EGIPCIO.—Señor G. W. Grabham.

Suecia

GOBIERNO.—Sres. A. Gavelin y K. A. Groenwall.
CLUB GÉOLOGIQUE DE LUND.—Sr. L. A. Hadding.
GEOLOGICAL SURVEY OF SWEDEN.—Sres. A. Gavelin y P. Geijer.
HIGH SCHOOL OF TECHNOLOGY & MINING.—Señor P. Geijer.
IRON PRODUCERS' ASSOCIATION.—Sr. P. Geijer.
KUNGL. TEKNISKA HOGSKOLAN.—Sr. P. Geijer.
SOCIEDAD REAL DE CIENCIAS DE UPSALA.—Sr. M. A. Hamberg.
SOCIEDAD DE GEOGRAFÍA DE UPSALA.—Sr. M. A. Hamberg.
SOCIEDAD REAL DE FISIOGRAFÍA DE LUND.—Señor L. A. Hadding.

SOCIÉTÉ SUÉDOISE D'ANTHROPOLOGIE ET DE GEOGRAPHIE.—Sr. A. Gavelin.
SVANSKA TEKNOLOGHOERENINGEN-STOCKHOLM.—Sr. P. A. H. Carlborg.
SWEDISH GEOLOGICAL SOCIETY.—Sr. H. von Eckermann.
UNIVERSITY OF STOCKHOLM.—Sr. P. Geijer.
UNIVERSITY OF UPSALA.—Sr. H. G. Balcklund.

Suiza

GOBIERNO.—Sr. M. Lugeon.
UNIVERSITÉ DE GENEVE.—Sr. L. Duparc.
UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL.—E. Argand.

Turquía

UNIVERSITÉ DE STAMBOUL.—Sr. A. Malik.

Unión de África del Sur

GOBIERNO.—Sr. A. L. Hall.

Uruguay

GOBIERNO.—Sr. B. Fernández y Medina.

CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL

XIV^a Sesión. — España, 1926

PROGRAMA GENERAL

PROGRAMA GENERAL

DOMINGO 23 DE MAYO

Por la mañana.

A las once.—Sesión preparatoria del Consejo del Congreso.

A la una.—Almuerzo en el Palace Hotel, ofrecido a los Delegados oficiales de los Gobiernos extranjeros por la Comisión organizadora del XIV Congreso.

Por la tarde.

Libre.

LUNES 24 DE MAYO

Por la mañana.

A las once.—Solemne sesión de apertura, bajo la presidencia de S. M. el Rey y con asistencia del Gobierno.

El acto tendrá lugar en el nuevo edificio del Instituto Geológico de España.

Por la tarde.

A las tres y media.—Reunión de Secciones.

A las seis.—Conferencia y proyección cinematográfica del Profesor Dr. Wilhelm de la Sauce acerca de «Yacimientos de lignitos».

MARTES 25 DE MAYO

Por la mañana.

A las ocho y media.—Salida en tren especial para la excursión artística a Toledo.

A las diez.—Asamblea y reunión de Secciones.

Por la tarde.

A las tres y media.—Reunión de Secciones.

A las seis.—Conferencia por el profesor Dr. Rudolf Krahnmann, acerca de «Die Geologischlagerstättenkundliche Anwendbarkeit des elektromagnetischen, erdmagnetischen und elektrischen Untersuchungsverfahrens der angewandten Geophysik».

MIÉRCOLES 26 DE MAYO

Por la mañana.

A las diez.—Reunión de Secciones.

A las once.—Visita al Museo del Prado.

Por la tarde.

A las tres y media.—Reunión de Secciones.

A las cinco.—Conferencia del socio honorario de la Asociación de Ingenieros de Minas Sr. D. A. de Gregorio Roca-solano, Catedrático de la Universidad de Zaragoza, acerca del «Estado coloidal de la materia en la formación de los yacimientos metálicos».

A las seis y media.—Recepción por el Ayuntamiento de Madrid en la Rosaleda del Retiro.

A las siete y media.—Salida en tren especial para la excursión geológica B-1, Almadén.

JUEVES 27 DE MAYO

Por la mañana.

A las ocho y media.—Salida en tren especial para la excursión artística al Escorial, ofrecida a los Congresistas por la Excmo. Diputación provincial de Madrid.

A las diez.—Reunión de Secciones.

Por la tarde.

A las tres y media.—Reunión de Secciones.

A las ocho.—Conferencia por el Profesor Carandell acerca de la «Fisiografía del Río Piedra».

VIERNES 28 DE MAYO

Por la mañana.

A las diez.—Asamblea y reunión de Secciones.

Por la tarde.

A las tres y media.—Reunión de Secciones.

A las cinco.—Visita al Museo Nacional de Ciencias Naturales.

A las siete.—Conferencia del Sr. Meseguer, Ingeniero de Minas, acerca de «El oro y sus yacimientos en España».

Por la noche.

A las diez.—Recepción en el Palacio Real.

SABADO 29 DE MAYO

Por la mañana.

A las ocho.—Salida en automóviles para la excursión geológica B-3, Aranjuez.

A las diez.—Reunión de Secciones.

Por la tarde.

A las tres y media.—Reunión de Secciones.

A las seis.—Visita a la Escuela de Ingenieros de Minas, cuyo Claustro de Profesores ofrecerá un refresco a los Congresistas.

Por la noche.

A las diez.—Función de Gala en el Teatro de Apolo.

DOMINGO 30 DE MAYO

Por la mañana.

A las ocho.—Salida en automóviles para la excursión geológica B-2, Sierra de Guadarrama.

Por la tarde.

Libre.

LUNES 31 DE MAYO

Por la mañana.

A las once.—Sesión de clausura bajo la presidencia del Excmo. Sr. Ministro de Fomento.

Por la tarde.

Visita a los talleres del Instituto Geográfico y Catastral.

Por la noche.

A las nueve.—Banquete oficial en el Palace Hotel, ofrecido a los Congresistas por el Excmo. Sr. Ministro de Fomento.



Jardín de entrada al Congreso Geológico.

RESUMEN DEL TRABAJO DEL CONGRESO

Durante el Congreso ha habido sesiones solemnes de apertura y clausura, reuniones del Consejo, de la Asamblea y de las once Secciones en que estuvo dividido el Congreso.

El detallar toda la enorme labor desarrollada sería tarea larguísima y ya constará en las actas y Memorias del Congreso; aquí nos limitaremos a reseñar los actos más importantes y las conclusiones del Congreso que tienen una importancia especial para España.

INAUGURACIÓN DEL CONGRESO

Antes de inaugurarse el Congreso tuvo lugar la presentación a S. M. el Rey de los Delegados oficiales de las naciones representadas en el Congreso.

Acto continuo S. M. pasó al salón inaugural (Salón de Colecciones del Instituto Geológico de España), donde ocupó la presidencia en el estrado.

Ocuparon también puesto en el estrado el séquito de Su Majestad, el Presidente del Consejo de Ministros, el Ministro de Fomento y los Presidentes y Secretarios generales de los XIII y XIV Congresos Internacionales de Geología.

Su Majestad el Rey concedió la palabra al Sr. J. Lebacqz, Presidente del XIII Congreso Geológico, que leyó el siguiente discurso:

SIRE:

Ma qualité de Président de la treizième session du Congrès Géologique International me vaut l'insigne honneur de présenter à Votre Majesté l'expression très respectueuse de nos hommages et de la remercier d'avoir bien voulu, en cette occasion solennelle, donner une marque nouvelle de Sa haute sollicitude pour les sciences, notamment pour les sciences minérales.

Non seulement Votre Majesté a daigné prendre rang parmi les Géologues en acceptant la présidence de la quatorzième session du Congrès, mais Elle s'est fait un devoir d'assister à cette séance inaugurale.

Comme en tous autres domaines, Votre Majesté fait ainsi preuve d'une activité débordante, bien conforme aux traditions de Sa très Noble Maison.

SIRE,

EXCELLENCES,

MESDAMES, MESSIEURS:

C'est encore l'un des très agréable devoirs de ma charge de Président sortant, de remercier le Comité d'organisation, son Président, mon excellent collègue M. Rubio, son actif et très dévoué Secrétaire, M. Dupuy de Lôme, et tous les Géologues espagnols, pour la réception véritablement splendide qu'ils ont ménagée aux Congressistes. La terre d'Espagne est certes merveilleuse, mais encore fallait-il l'effort combiné d'intelligences supérieures et de volontés puissantes pour en faire apprécier tout le charme et tous les richesses.

Je ne crains pas d'être démenti en affirmant que le but poursuivi est pleinement atteint. Le Congrès en est, dès la première heure, vivement reconnaissant au Comité d'organisation.

Il faut noter que, pour des raisons multiples, la quatorzième session du Congrès Géologique International est une manifestation particulièrement solennelle.

Encore que l'on ait, parfois, abusé de la célébration des anniversaires, il ne peut être passé sous silence que la présente session se tient cinquante

ans près la fondation du Congrès. Ce fut, en effet, en 1876 que cette fondation fut décidée et organisée à Philadelphie, sous la présidence experte de James Hall. Le Congrès est donc cinquantenaire. C'est un évènement qui mérite d'être signalé. De tous les Congrès internationaux, le nôtre est, sans conteste, le doyen.

D'aucuns feront remarquer sans doute que la première session ne se tint qu'en 1878, à Paris. Mais si, poursuivant leurs investigations, ils voulaient bien prendre la peine de lire le compte rendu de cette première session, ils constateraient bientôt que, parmi les protagonistes du Congrès, l'un de ses plus chauds partisans fut celui qui, dès 1867, s'était appliqué à faire pénétrer en France et ailleurs, l'idée d'une semblable organisation; qui, en 1876, faisait à Autun, un chaleureux plaidoyer en faveur d'un acte d'exécution, ignorant que ses voeux se trouvaient précisément comblés Outre-Atlantique, celui enfin qui, en 1878, voyant se réaliser ce rêve longuement caressé, insistait pour que l'oeuvre fut continuée. Ce pionnier, ce novateur, cet initiateur ne fut autre qu'un espagnol, le professeur Vilanova, de l'Université de Madrid, d'ailleurs secondé et encouragé par son collègue, le professeur Solano, et par le professeur Almera, de l'Université de Barcelone.

Il est donc très heureux que le cinquantenaire du Congrès Géologique International soit proclamé dans le pays qui a vu naître ses initiateurs.

Durant ces cinquantes années de son existence, le Congrès n'a cessé de voir son organisation se perfectionner et se développer. Ce n'est point cependant qu'il n'ait pas couru de dangers. Tout récemment il a même failli perdre son indépendance: Certains souhaitaient, en effet, son affiliation à l'Union Internationale des Recherches. Les décisions prises au cours de la treizième session semblent bien avoir définitivement écarté ce danger: Le Congrès se trouve à présent doté de statuts qui, codifiant la tradition de longues années d'expérience, permettent l'union intime de toutes les bonnes volontés et laissent le champ libre aux initiatives les plus variées.

Il serait trop long de détailler ici les progrès considérables que la collaboration internationale a permis de réaliser, grâce au Congrès, dans les multiples domaines où s'exerce l'activité du Géologue. L'oeuvre que Vilanova assignait comme but principal au Congrès l'élaboration d'un dictionnaire géologique—non seulement a déjà reçu des solutions théoriques, mais a aussi pris des formes pratiques.

Parmi celles-ci, il faut citer la carte géologique internationale de l'Europe, à l'échelle du 1 : 500.000^e, carte dont on ne vantera jamais assez les mérites.

Cependant, pas plus que le dictionnaire d'une large vivante, la coordination des principales données de la science géologique ne sera jamais achevée.

Ce sera, nous l'espérons, l'un des fruits de la présente session, que d'obtenir les voies et moyens d'exécuter une nouvelle édition de cette carte, dont le cadre englobe d'ailleurs les territoires limitrophes de l'Asie et de l'Afrique. Il est urgent, en effet, de tenir compte, non seulement de la formidable somme de faits nouveaux fournis par l'exploration, mais encore des progrès, réalisés depuis le début du vingtième siècle, tant en stratigraphie qu'en tectonique.

NOMBREUSES sont d'ailleurs les voies dans lesquelles il conviendra d'orienter la collaboration internationale, encore que la bonne volonté n'ait pas cessé de se manifester sous la forme la plus variée. Déjà à Bruxelles, nous avons salué avec satisfaction l'idée d'un rapprochement entre Géologues carpathiques. Aujourd'hui le Congrès se félicite de pouvoir considérer comme l'une de ses Commissions, cette Association, toute régionale certes, mais néanmoins internationale, et d'accueillir l'hommage qu'elle veut bien lui faire, d'un rapport sur sa première réunion.

Plus nombreuses, plus variées seront les formes d'activité du Congrès, plus solides seront ses bases, mieux assurée sera sa longévité.

Enfin, il convient de signaler qu'au moment où le Congrès acceptait de tenir ici même sa quatorzième session, l'Institut Géologique d'Espagne compétait, lui aussi, cinquante années d'existence. Ce sont en grande partie les résultats de ces cinquante années de travail méthodique qu'il nous sera donné d'examiner dans le détail et d'apprécier en cette session. Déjà les excursions faites dans la Sierra Morena et en Andalousie nous permettent d'apporter ce témoignage que nos espérances se trouvent, à tous égards, largement dépassées.

Ce nous est un très vif plaisir de constater l'importance acquise par l'étude des sciences minérales dans ce beau pays.

Ce nous est une fierté d'être témoins de l'estime considérable dans laquelle ces sciences y sont tenues par les plus hautes autorités.

Aussi, est-ce dans une atmosphère de joie profonde que je dépose mes pouvoirs et remets à M. César Rubio la présidence du Congrès.

A continuación, el Excmo. Sr. D. César Rubio, Presidente del XIV Congreso Geológico, pronunció el siguiente discurso:

SEÑOR:

Permitame que en nombre del Congreso Geológico signifique a V. M. nuestro profundo agradecimiento por el hecho de haberse dignado prestar su Soberana protección a esta XIV.^a sesión; sin el constante aliento que V. M. ha tenido a bien prestar a la Junta organizadora desde que V. M. acordó su nombramiento, más de una vez hubiéramos desfallecido en tan ruda como honrosa tarea; V. M. nos ha prestado constantemente alientos y nos ha llevado de la mano hasta poder dar cima a la tarea.

Séame también permitido expresar nuestro agradecimiento al Excelentísimo Sr. Presidente y a todo el Gobierno de V. M., cuya ayuda, ilimitada en todo momento y por todos conceptos, ha sido la base de la organización.

Y con la venia de V. M., séame permitido dirigir algunas breves palabras a los Sres. Congresistas.

SEÑORAS Y SEÑORES:

Bien venidos seáis todos a esta XIV.^a sesión del Congreso Internacional de Geología. En nombre de la Comisión organizadora hago votos por que os sea grata esta estancia aquí, de donde os veremos partir con triste melancolía. Nos compensará esta tristeza si al regresar a vuestros hogares lleváis con vosotros un grato recuerdo, que sea, aunque no más, una sombra del que guardamos los Geólogos españoles que tuvimos el honor de asistir a la XIII.^a sesión de Bruselas, de la exquisita cortesía de que fuimos objeto por parte de aquellas autoridades, y de las reiteradas muestras de atención y franca camaradería que nos prodigaron los Geólogos belgas.

Allá por las cincuenta naciones están representadas en esta sesión de Madrid; muchos Congresistas acuden desde bien lejanas tierras: de las cinco partes del mundo; ello prueba bien evidentemente, no sólo el interés que les inspiran los temas científicos puestos a discusión, sino la simpatía que sienten por esta mi patria, doble motivo para nuestro cordial y sincero agradecimiento.

El ilustre colega y amigo, nuestro Presidente saliente, el eminente Ingeniero y Geólogo M. Lebacqz, con esa cortesía, esa delicadeza tan propia y típica del pueblo belga, ha tenido la atención de recordar dos conjunciones:

es la primera la de la cooperación intensiva de ilustres Geólogos españoles, los Sres. Vilanova y Almera, en la creación y organización [primera de este Congreso Internacional; es la segunda la coincidencia aproximada de la 50.^a efemérides de la constitución del Congreso con la creación en España de una entidad oficial que reuniese en gran parte y prosiguiere la labor antes dispersa de estudios geológicos, que primero tomó el nombre de Comisión del Mapa Geológico y luego de Instituto Geológico de España. Permitame mi ilustre colega M. Lebacqz que señale otra conjunción, y es la de que esas fechas coinciden aproximadamente con el alto honor que nos hacen los maestros mundiales en Geología viniendo a discutir temas científicos de alto relieve en Madrid.

Alto, altísimo honor para nosotros los españoles; que honor por encima de todos los honores tenemos aquí en Castilla el que se digna otorgarnos un huésped al aceptar nuestra hospitalidad en buena, franca y fraternal camaradería.

Halagadoras palabras ha tenido para nosotros M. Lebacqz al hablar de la organización de las excursiones y viva satisfacción nos ha producido su juicio, aun cuando ciertamente esa organización, el resultado de ella, no llegará nunca ni a cuento merecen nuestros huéspedes ni a la buena voluntad que en ella hemos puesto.

El plan de estas excursiones ha sido trazado con una finalidad: la de mostrar las líneas generales de los trastornos geológicos principales de nuestra Península y de la costa africana, tan íntimamente ligada a ella geológicamente, y, a la par, la riqueza mineral que, como compensación inmediata, suele acompañarla; que en trastornos, complicaciones geológicas y riqueza mineral ha sido pródiga la Naturaleza con mi suelo patrio. Todas esas excursiones, lo mismo las que habéis realizado que las que habréis de realizar, son netamente pertinentes a la mayoría de los temas puestos a discusión; por eso hemos deseado que vosotros, Maestros de la Ciencia geológica, toméis datos oculares e impresiones personales antes de cooperar a la parte doctrinal del Congreso. Por esa cooperación y enseñanza recibid por adelantado las gracias más expresivas y sinceras de los Geólogos españoles.

SEÑOR:

Vuestra Majestad, siempre protectora, siempre alentadora de toda iniciativa encaminada a cooperar al engrandecimiento y progreso de las ciencias, ha querido dar testimonio en el día de hoy, y una vez más, de esos nobilísimos sentimientos; este acto de V. M. quedará grabado no ya en la mente, sino en lo más profundo del corazón de todos los Congresistas.

A continuación, y en nombre del Gobierno de S. M., hizo uso de la palabra el Excmo. Sr. Ministro de Fomento, Conde de Guadalhorce, en un extenso y elocuentísimo discurso, cuyo extracto publicamos a continuación:

El Excmo. Sr. Conde de Guadalhorce comenzó por saludar, en nombre de S. M. el Rey y de su Gobierno, a los Delegados de los distintos países, en particular, y a todos los miembros del XIV Congreso Geológico Internacional, cuya presencia en calidad de huéspedes en el solar hispano nos llenaba a todos de satisfacción y alegría.

Hizo constar que ya antes de la reunión del Congreso, los miembros habían visitado diversas regiones de España, como los distritos mineros de Linares y Huelva, las sierras béticas, la gran línea tectónica del Guadalquivir y el valle bajo del mismo río, dedicando a cada comarca española visitada párrafos elocuentes y floridos, y dijo que esperaba que de esta visita colectiva se habrían de lograr grandes ventajas para estas comarcas.

Terminó esta parte de su discurso haciendo referencia a la excursión hecha por un grupo de Congresistas a la Zona del Protectorado Español en Marruecos, donde han podido ver el esfuerzo hecho por España para irradiar por aquellas tierras africanas la civilización europea, y donde nuestros valientes y aguerridos soldados han vencido reiteradamente y con denodado esfuerzo a las hordas salvajes que se oponen a la marcha de la civilización y el progreso.

Espera también grandes resultados de las excursiones que después del Congreso han de emprenderse a Asturias, Bilbao y Cataluña, regiones por excelencia industriales y mineras, que han llegado a un gran bienestar y progreso por el trabajo intenso desarrollado en estos últimos años de paz y tranquilidad.

Dirigiéndose a los Congresistas, les dió las gracias por dedicar en este Congreso especial atención a determinar los

mejores métodos de investigación geológica y geofísica aplicables a las regiones españolas, métodos que, aplicados con éxito, pueden ser fuentes de nuevas e importantísimas riquezas nacionales.

En párrafos brillantes excita a los Congresistas a una labor activa y constante, labor que han de llevar a cabo con el aplauso colectivo, pues, glosando la acertada imagen de un conocido literato, manifestó que así como al contemplar el mar se quedaba absorto ante la grandeza del Océano, así el pueblo se rinde también admirado ante la grandeza del esfuerzo científico y del estudio.

Dijo que el Gobierno de S. M. está poseído del interés que representa la labor geológica para el progreso y bienestar de los pueblos y dará cuantas facilidades sean necesarias para el brillante desarrollo de esta ciencia en España.

Terminó su brillante oración declarando abierto, en nombre de S. M. el Rey, el XIV Congreso Geológico Internacional.

Su Majestad el Rey recorrió, a continuación, los locales del nuevo Instituto Geológico de España, examinando los aparatos y colecciones expuestos, y fué despedido con una gran ovación de todos los Congresistas e invitados a tan solemne acto.



S. M. Don Alfonso XIII en la inauguración del Congreso.



S. M. Don Alfonso XIII en la inauguración del Congreso.

SESIONES DEL CONSEJO Y ASAMBLEAS GENERALES

El Consejo se reunió por primera vez el 23 de mayo, o sea el día antes de la sesión inaugural, y después todos los días desde el 25 al 31, ambos inclusive. Las Asambleas generales del Congreso, que sancionaron multitud de acuerdos del Consejo, tuvieron lugar los días 28 y 31 de mayo.

En la reunión del Consejo del día 23 se acordó, entre otros asuntos, aprobar la constitución de la Mesa presentada por la Junta organizadora y limitar la composición del Consejo a los Delegados oficiales de las naciones: unos setenta. En otros Congresos Geológicos habían formado parte del Consejo también los Delegados de Academias, Universidades, etc.; en el Congreso de Madrid se hubiese llegado con este criterio a un Consejo formado por unos doscientos miembros, cifra verdaderamente excesiva y que hubiese dificultado extraordinariamente una labor bien provechosa.

Es inútil reseñar todos los acuerdos tomados en los distintos Consejos, muchos de los cuales fueron solamente de trámite y otros referentes a la organización interna del Congreso.

Desde el primer Consejo se ocuparon los Delegados activamente de la cuestión del país donde debería celebrarse el XV Congreso Geológico, para lo cual recibió la Mesa dos invitaciones, sin carácter oficial, de los Delegados de Checoeslovaquia y la Unión de África del Sur.

Dada la premura de tiempo, que no permitía recibir una invitación oficial antes de clausurarse el Congreso, se acordó en el Consejo celebrado el 27, que la Mesa del Congreso: Presidente y Secretario, sea la que decida, en vista de las invitaciones oficiales que, en un plazo prudencial, vaya recibiendo, el punto donde habrá de celebrarse el futuro Congreso.

En el mismo Consejo se aprobó la siguiente proposición del Barón Nopcsa (Delegado de Hungría):

«Dado que es imposible que los Geólogos conozcan todas las lenguas en las cuales aparecen trabajos científicos referentes a Geología, tengo el honor de proponer que el Congreso del XIV Congreso Internacional tome la decisión siguiente:

»El Congreso indica la conveniencia de que todas las publicaciones geológicas que no estén escritas en alemán, español, francés, inglés o italiano lleven un resumen escrito en una de estas lenguas internacionales, y que la indicación de caracteres de minerales, rocas o fósiles se hagan siempre en una de estas lenguas o en latín.»

En el mismo Consejo, el Barón Nopcsa (Delegado de Hungría) hizo constar que en el Real Instituto de Geología de Budapest se ha preparado un departamento destinado a los Geólogos extranjeros que quieran hacer estudios en dicha población, y estimó que es de desear por todos que este ejemplo se extienda como medida de reciprocidad, por las facilidades que reportaría a los Geólogos de todos los países.

En el Consejo del 28, y después de la Asamblea general del mismo día, se aprobó una conclusión del Congreso Internacional de Sondeos de Bucarest, que pide la formación de Comités nacionales de Sondeos con representantes de la Geología, y especialmente de los Servicios Geológicos, de los diversos países.

En apoyo de esta proposición se hizo constar que millares de sondeos exploran cada año la litosfera hasta la profundidad

de 2.000 y más metros, con un gasto de centenares de millones de francos, y es indispensable que los resultados obtenidos, de una importancia enorme para conocer la estructura de las regiones donde se perfora, no se pierdan para la ciencia y la economía general.

Esta proposición fué estudiada por una Comisión formada por los Sres. Krusch (Alemania), Rubio (España), Termier (Francia) y Macovei (Rumania), decidiéndose que se enciende a las distintas naciones la formación de Comités nacionales de Sondeos, y que el resultado de estas investigaciones internacionales se centralice en la Mesa del XIV Congreso, la que, con los resultados obtenidos, presentará un informe al XV Congreso Geológico.

En la misma Asamblea del día 28 se aprobó una proposición del Sr. Lugeon (Suiza), que dice así:

«El Congreso Geológico Internacional, en su XIV reunión en Madrid, expresa su admiración por el enorme y espléndido trabajo realizado por los Geólogos del Instituto Geológico de España; pero hace notar que un cierto número de publicaciones antiguas clásicas hechas por el Instituto (*Boletines, Memorias, etcétera*) están agotadas, siendo completamente indispensables para la ciencia.

»En vista de esto, el Congreso Geológico Internacional pide la reimpresión de las publicaciones agotadas del Instituto Geológico de España.»

En la sesión del Consejo del 29 se acordó, a petición del Sr. Fernández Navarro y de un gran número de Congresistas, que en el futuro Congreso exista una Sección dedicada especialmente a Petrografía y Mineralogía.

En el mismo Consejo se aprobó una moción del Sr. Macovei (Rumania), en nombre de la «Asociación para el desarrollo de la Geología en los Cárpatos», para que, dada la importancia del problema de la génesis de los yacimientos de petróleo,

tanto desde el punto de vista geológico como desde el físico-químico, se inscriba este asunto en el orden del día del XV Congreso Internacional de Geología.

El Sr. De Margerie (Francia) presentó un informe de la Comisión del Mapa Geológico Internacional de África, con las tres conclusiones siguientes:

«1.^a El Congreso Geológico Internacional, con objeto de facilitar la ejecución de un mapa geológico general de África, invita a los Gobiernos cuyas colonias no poseen aún un mapa geológico de su territorio, a proceder a los reconocimientos necesarios para trazarlo.

»2.^a El Congreso Geológico Internacional espera que se publiquen sin ninguna reducción los mapas geológicos originales, hechos bajo los auspicios de diferentes Gobiernos coloniales, con objeto de trazar un mapa geológico general de África.

»3.^a El Congreso Geológico Internacional envió a S. M. el Rey de los belgas la expresión de su respetuosa gratitud por el concurso que se ha dignado aportar al trazado de un mapa geológico general de África, autorizando al Instituto Cartográfico Militar de Bruselas para que lo ejecute.»

En el Consejo del 31, y después en la Asamblea del mismo día, se aprobó, entre grandes aplausos, la siguiente proposición del Sr. Cayeux (Francia):

«Antes de separarse los miembros del XIV Congreso Geológico Internacional desean expresar el agradecimiento por el gran interés que S. M. el Rey se ha dignado manifestar por sus trabajos y por las atenciones que han tenido con ellos Sus Majestades el Rey, la Reina, la Familia Real y la noble y gloriosa nación española.»

En el mismo día, el Sr. Madsen (Dinamarca) presentó una proposición, apoyada por el Sr. De Margerie (Francia), sumamente grata a los españoles e hispanoamericanos, que fué aprobada por unanimidad en el Consejo y después en la



Una sesión del Congreso.

Asamblea, entre una gran ovación. La proposición del señor Madsen pedía que se considerase el español y el italiano como lenguas oficiales del Congreso Geológico Internacional en ésta y en las sucesivas sesiones, lo mismo que hasta ahora se había admitido el alemán, francés e inglés.

Los Sres. Rubio (Presidente del Congreso) y Stefanini (Italia) agradecieron en sentidas frases la distinción que se hacía a las dos lenguas de sus respectivas patrias.

En el mismo día 31 se aprobó la siguiente proposición del Sr. Mouchkétoff, Presidente del Instituto de Geofísica aplicada de Rusia:

«1.º Que en cada uno de los países representados en este Congreso haya un Comité oficial de investigaciones geofísicas, constituido por las personas que los Gobiernos designen, que estudiará el caso de tectónica y el de un yacimiento mineral que a cada país le interese, utilizando los mismos procedimientos de investigación, para que, en vista de los resultados que se obtengan, se hagan comparaciones y poder aconsejar a los Geólogos y a la industria minera cuáles son los más indicados en cada caso, sea petróleo, sales potásicas, yacimientos metalíferos, carbón, etc.

»2.º Para que haya organización y unidad de acción se toma el acuerdo de que sea el Instituto Geológico de España la entidad central internacional que recopile estos trabajos.»

Los temas presentados en la Sección de Geofísica del actual Congreso Geológico Internacional han puesto de manifiesto que en todos los países se hacen, con gran éxito, serios trabajos para reconocimientos geológicos e investigación de yacimientos minerales, utilizando los diversos procedimientos de investigación hoy conocidos.

También se ha probado que esos nuevos métodos pasaron del período de la teoría y del gabinete al de la práctica industrial.

Pero también se ha confirmado que no se puede establecer de un modo definitivo cuál es el procedimiento o procedimientos que en cada caso hayan de elegirse, todo debido a la falta de uniformidad y de organización internacional, pues cada trabajo se ha referido a un caso distinto, empleando un solo método, o a lo más dos, como en el presentado por los Ingenieros del Estado español referente a la cuenca potásica de Cataluña.

También se dió lectura en el Consejo del día 31 de la comunicación siguiente de los Delegados oficiales argentinos:

Señor Presidente del XIV Congreso Geológico Internacional.

Presente.

Entre los miembros de este Congreso hay interés en que la próxima reunión se realice en la Argentina.

Muchos Geólogos distinguidos, de diversos países, nos han manifestado sus deseos en ese sentido. Esta es probablemente la consecuencia de las ideas expresadas en Toronto y Bruselas durante las discusiones que tuvieron lugar antes de designar el país en el que se realizaría la reunión siguiente.

En nombre de nuestro Gobierno tenemos el honor de manifestar que todavía no es posible la realización de un Congreso Geológico Internacional en nuestro país.

En la Argentina existe, desde hace dos décadas, un Servicio geológico que ha realizado una importante labor científica; pero nuestro país tiene una extensión cercana a tres millones de kilómetros cuadrados, lo que claramente explica que todavía no estamos en condiciones de mostrar la geología de la República y que el trabajo necesario a esos fines sea arduo y largo.

Necesitamos más de veinte años de investigaciones antes de estar listos, y creemos que es más útil para la ciencia que esta clase de reuniones se verifiquen en países cuya geología sea bien conocida.

Como hasta ahora no nos ha sido posible hacer esta declaración a la Asamblea, solicitamos del señor Presidente que ella sea leída por Secretaría ante los señores Delegados.

Saludamos al señor Presidente con nuestra mayor consideración, José M. Sobral (rubricado), Remigio Rígal (rubricado).

Madrid, mayo 29 de 1926.

Comisiones internacionales

Uno de los problemas más importantes del Congreso ha sido la reorganización de las Comisiones internacionales que, por causas de todos conocidas, no han podido desarrollar su cometido satisfactoriamente desde 1913 (Congreso del Canadá).

En todos los Consejos se trabajó activamente en esta reorganización, quedando las Comisiones internacionales constituidas de la siguiente manera:

Comisión del Mapa Geológico Internacional del Mundo

Alemania, Sr. J. P. Krusch (Director Gerente).

Australia, Sr. J. W. Gregory.

Canadá, Sr. E. R. Faribault.

Estados Suramericanos, Sr. G. Steinmann.

Estados Unidos de Norteamérica, Sr. G. O. Smith y J. F. Kemp.

Méjico, Sr. R. Aguilar-Santillán.

Miembros adicionales para representar sus respectivos países

África Austral, Sr. A. L. Hall.

África Occidental, Sr. M. H. Hubert.

Argel, Sr. Dusset.

Argentina, Sr. J. M. Sobral.

Chile, Sr. Bruggen.

China, Sr. Y. C. Sun.

Congo, Sr. P. F. J. Fourmarier.

Costa de Oro, Sr. A. E. Kitson.
Egipto, Sr. W. F. Hume.
España, Sr. C. Rubio.
Francia, Sr. E. de Margerie.
India inglesa, Sr. L. L. Fermor.
India holandesa, Sr. G. A. F. Molengraaff.
Indochina, Sr. F. Blondel.
Japón, Sr. Y. Oinouye.
Madagascar, Sr. A. Lacroix.
Marruecos, Sr. P. Despujols y A. Marín.
Nueva Zelanda y Tasmania, Sr. P. Marschall.
Rodesia, Sr. H. B. Maufe.
Sudán, Sr. G. W. Grabham.
Siberia, Sr. W. Obroutcheff.

Comisión de la «Palaeontología Universalis»

Presidente: M. F. A. Bather, Londres.
Vicepresidente: E. Haug, París.
Secretario: Dr. Couffon, Angers (Francia).
Sr. L. Dollo, Bruselas.
» Van Straelen, Bruselas.
» J. F. Pompecky, Berlín.
» F. Royo Gómez, Madrid.
» W. A. Parks, Toronto.
» A. P. Pavlow, Moscou.
» G. Stefanini, Bolonia.
» E. O. Ullrich, Washington.
» Westergard, Estocolmo.

Comisión del «Léxico de Estratigrafía Internacional»

Presidentes: Sr. E. Haug, París.
» J. F. Pompecky, Berlín.
Secretario: Sr. A. Renier, Bruselas.
Sr. H. A. Brouwer, Holanda.
» F. J. Fourmarier, Bruselas.
» Grabau, Pekín.
» W. F. Hume, Cairo.
» Kiaer, Oslo.
» E. B. Mathews, Baltimore.
» Parona, Turín.
» Rozlosznik, Budapest.
» J. J. Sederholm, Helsingfors.
» L. Waagen, Viena.
» A. Buxtorf, Basilea.
» F. Royo Gómez, Madrid.
» K. A. Groenwall, Lund.
» R. Kettner, Praga.
» Cz. Kuzniar, Varsovia.
» G. Macovei, Bukarest.
» A. P. Pavlow, Moscou.
» Schuchert, Newhaven.
» E. O. Ullrich, Washington.
» Walcott, Washington.

Comisión del premio Spendiaroff

A propuesta del Sr. Mouchkétoff (Rusia), la Comisión del premio Spendiaroff quedó constituida en la siguiente forma:
Sr. Pompecky, J. F. (Alemania).
» Fourmarier, P. F. J. (Bélgica).

- Sr. Ami, H. M. (Canadá).
» Rubio, C. (España).
» Mathews, E. B. (Estados Unidos de América).
» Termier, P. M. (Francia).
» Flett, Sir J. S. (Inglaterra).
» Karpinsky, A. (Rusia).
» Lugeon, M. (Suiza).
» Hall, A. L. (Unión de Africa del Sur).

Comisión de Isostasia

La Comisión formada por los señores
Rubio, C. (España).
Bertrand, L. (Francia).
Flett, Sir J. S. (Inglaterra).
Argand, E. (Suiza),
decidió incluir como miembro de ella a D. Vicente Ingla-
da Ors (España).

Comisión de Geofísica

- Sr. Angenheister, G. (Alemania).
» Kossmat, F. (Alemania).
» Mouchkétoff, D. (Rusia).
» Nikiforov, P. (Rusia).
» Nopcsa, B. F. (Hungria).
» Gavelin, A. (Suecia).
» Mekel, J. (Holanda).
» Arctowski, H. (Polonia).
» Metianu, T. J. (Rumania).
» Kindelán, V. (España).
» Miláns del Bosch, J. (España).
» Sans Huelin, G. (España).

SESIÓN DE CLAUSURA

La solemne sesión de clausura del Congreso tuvo lugar el día 31, bajo la presidencia del Excmo. Sr. Ministro de Fomento, a quien acompañaban en el estrado el Presidente y Secretario general del XIV Congreso Geológico Interna-
cional.

El Excmo. Sr. Ministro de Fomento concedió la palabra al Secretario general, Sr. Dupuy de Lôme, que pronunció el si-
guiente discurso:

SEÑORAS Y SEÑORES:

Permitidme que al dar cuenta del resultado de los trabajos del XIV Con-
greso Geológico Internacional, empiece por dar las gracias, ante todo, al
Excmo. Sr. Ministro de Fomento, aquí presente, que con su ayuda valiosi-
sima, y más que nada con sus acertados consejos, nos ha guiado en la orga-
nización de este Congreso, debiéndose a sus iniciativas la mayor parte del
éxito del mismo. También debo dar las gracias a todos los Congresistas, que
durante su permanencia en España han trabajado extraordinariamente reco-
rriendo nuestras zonas mineras más importantes, y, después, desarrollando
las enseñanzas recogidas en largos años de estudio y observación en sus res-
pectivos países, enseñanzas que nos servirán de norte en gran parte de nues-
tras investigaciones futuras.

El XIV Congreso Geológico Internacional ha sido una de las manifesta-
ciones más brillantes de la cooperación científica internacional que registra
la Historia; y este Congreso, el más antiguo de todos los internacionales, al
llegar a contar medio siglo de vida, ha reunido 1.123 Congresistas, cifra
nunca alcanzada, pues la mayor hasta ahora fué la del Congreso de San
Petersburgo, de 1897, que ascendió a 1.037 Congresistas.

En este Congreso están representadas cincuenta y dos naciones, y si ad-
mirable ha sido el trabajo realizado por individuos pertenecientes a tan dis-
tintas nacionalidades que pueblan las cinco partes del globo terrestre, aun
más notable ha sido el cariño efusivo, la simpatía que ha inundado el am-

biente de este Congreso, donde no ha habido una sola nota discrepante, y se puede decir que todos los Congresistas aquí presentes han sido como hermanos de la gran familia de los Geólogos.

Debo señalar, como rasgo característico de este Congreso, la importancia extraordinaria que han tenido los trabajos de las Secciones que han tratado de la génesis de los yacimientos metalíferos y de la prospección por medio de los modernos procedimientos geofísicos; y es, indudablemente, que la Humanidad, que marcha a una velocidad acelerada, ha visto cómo sus exploradores han recorrido ya hasta los lugares más recónditos del globo, y se puede decir que la época en la cual se encontraban los yacimientos metalíferos, tan necesarios para el desarrollo de la civilización, a flor de la superficie, ha terminado ya, y es necesario, uniendo un profundo conocimiento de la génesis de los criaderos a procedimientos que hasta ahora no se sospechaban, llegar a la investigación de esas masas ocultas, de esos filones profundos cuya existencia nadie podía imaginar, que respetaron nuestros antepasados y que han de servir como reserva para poder continuar la explotación de la riqueza mineral de aquellos países, como el nuestro, donde la mano de la Naturaleza ha sido pródiga al repartir sus riquezas.

El dar cuenta a los aquí presentes de toda la enorme labor desarrollada en este Congreso sería tarea imposible; detallar todas las conclusiones sería harto prolífico y fatigoso, y datos serán éstos que estarán expuestos minuciosamente en las Memorias del Congreso. Sin embargo, ha habido algunas conclusiones, unas de una importancia tan grande, otras tan halagadoras para nosotros los españoles, que no quiero dejar de enumerarlas.

A petición del Barón Nopcsa, Delegado de Hungría, se acordó que, para mayor facilidad de los hombres de ciencia, se recomienda que todas las publicaciones científicas que no estén hechas en francés, inglés, alemán, italiano o español, se acompañen de un resumen en una de estas lenguas internacionales.

Otra proposición que nos satisface extraordinariamente a los miembros del Instituto Geológico de España es debida al Delegado de Suiza, Sr. Lugeon, que dice: «que después de señalar la admiración que tiene por el enorme y espléndido trabajo efectuado por nuestro Instituto, y dado el caso de que hay muchas obras clásicas agotadas que considera absolutamente indispensables para la ciencia, ruega que el Congreso Internacional pida la reimpresión de las publicaciones agotadas del Instituto Geológico de España». Esta moción fué aprobada por aclamación entre grandes aplausos.

En otra de las sesiones dedicadas a la organización de los trabajos con-

duentes al trazado del mapa geológico de África, en el cual España ha colaborado ya efectuando interesantes trabajos en su zona de protectorado en Marruecos, se acordó dar las gracias respetuosamente a S. M. el Rey de los belgas, que, siempre amante del progreso de estas ciencias, se ha dignado cooperar a esta labor autorizando al Instituto Cartográfico Militar de Bruselas para ejecutar el mapa geológico de África.

Existían diferentes Comisiones internacionales que, por causas de todos conocidas, no han podido rendir su habitual trabajo en estos últimos años. Estas Comisiones se han reorganizado en el Congreso de Madrid, y seguramente en el período hasta el próximo Congreso procurarán, con su labor, desarrollar aún más los interesantes problemas que se les han encomendado.

Se han tomado dos acuerdos, que si bien nos satisfacen extraordinariamente, en cambio representan para nosotros una enorme carga de trabajo y de responsabilidad.

A propuesta del Sr. Mouchkétoff, Presidente del Instituto de Geofísica Aplicada de Rusia, se ha aprobado que en cada nación representada en este Congreso exista un Comité oficial de investigaciones geofísicas, que estudiará los yacimientos minerales que a cada país interesen, utilizando los mismos procedimientos de investigación, para que, en vista de los resultados, pueda aconsejarse a los Geólogos y a la industria minera cuáles son los métodos más indicados en cada caso.

Para que haya en esta organización unidad de acción, se tomó el acuerdo de que sea el Instituto Geológico de España el organismo central internacional al que deban remitirse todos los datos e informes que se obtengan, para que redacte una ponencia que sirva de tema de Geofísica en el próximo Congreso Internacional.

En vista de una de las conclusiones adoptadas en el Congreso de Sondeos de Bucarest, y como resultado de una proposición del Delegado de Rumanía, se ha decidido que se formen Comités nacionales de sondeos, en los cuales se recojan cuantos datos se obtengan como resultado de los sondeos efectuados, y que estos Comités nacionales centralicen en el Instituto Geológico de España el resultado de sus investigaciones para que éste los recompile y presente en el próximo Congreso Geológico Internacional.

Aun ha recibido España otro encargo de este Congreso Geológico Internacional, que si bien no representa el enorme trabajo de los dos acuerdos antes citados, entraña una gran responsabilidad. En el presente Congreso hemos recibido dos invitaciones, sin carácter oficial, para el XV Congreso Geológico Internacional. Estas invitaciones parten de la República Che-

coeslovaca y de la Unión de Africa del Sur; y en vista de no haber tiempo suficiente para recibir una invitación oficial por parte de estos países, el Congreso, en Asamblea, ha dejado la decisión en manos de la Mesa del Congreso de Madrid.

Muy grande es el honor que nos habéis hecho al encargarnos de trabajos de tal importancia para el desarrollo del conocimiento de las riquezas naturales que atesora nuestro globo; pero si grande es el honor que representan, no es menor la tarea que hemos aceptado gustosos, pensando que con ello no se interrumpen las relaciones con nuestros colegas aquí presentes, sino que tendremos un intercambio constante de comunicaciones, de ideas, que estrechará aún más los lazos que a todos nos únen. Espero los más felices resultados de estas investigaciones de orden internacional, y confío en que al presentarnos en el XV Congreso Geológico Internacional con los datos recogidos en las distintas partes del globo, aquel Congreso marcará un nuevo paso de gigante en el desarrollo de la ciencia de aplicación de la Geología.

Y para terminar, permitidme, señor ministro, que exprese el deseo de que por un largo período de tiempo pueda seguir ayudándonos en las tareas que hemos recibido como derivación de este Congreso Geológico. Permitidme también, señores Congresistas, que os exprese el deseo de que después de esta rápida visita no se rompan los lazos de amistad y aprecio que nos unen con tan distinguidos colegas españoles y extranjeros.

En nombre de todos los Geólogos españoles os deseo todo género de prosperidades, y hago votos porque al regresar a vuestros hogares os llevéis un grato recuerdo de vuestra estancia en España, quedando altamente satisfecho si éste fuese siquiera parecido al que nos dejáis vosotros.

He dicho.

El Excmo. Sr. Ministro de Fomento concedió después la palabra al Ilmo. Sr. D. César Rubio, Presidente del Congreso, que pronunció un brillante discurso, cuyo extracto publicamos.

Empieza agradeciendo también al Ministro su constante ayuda en la organización del Congreso, que fué eficaz sostén del entusiasmo de la Comisión en una obra tan compleja y llena de dificultades. Esta ayuda es, a su juicio, uno de los primeros y mejores puentes del éxito logrado en las sesiones, cristalizado después en el vasto y complicado programa que

resume la labor realizada por el XIV Congreso Geológico Internacional.

Entre los asuntos sometidos a su estudio, ha habido unos de orden puramente científico, otros de orientación y aplicación práctica, y el Congreso ha acertado a desarrollar aquéllos y éstos con extraordinaria eficiencia, a la cual, por otra parte, no hubiera sido posible llegar sin el ambiente de camaradería en que todas las sesiones se han desarrollado, ya que la cordialidad y armonía más absolutas han presidido todas las deliberaciones, constituyendo para estos últimos momentos un verdadero broche de oro del Congreso.

Alude a la próxima reunión, en la que, al encontrarse de nuevo los que en ésta han colaborado, podrán saludarse como hombres que ya se conocen, que ya han laborado juntos, que ya saben experimentalmente cuánto puede esperarse de la mutua asistencia y del cordial contraste de opiniones en beneficio del fin común que todos se proponen, fin tan elevado como el de la ciencia, mediante la cual, y sólo por ella, puede obtenerse el acrecentamiento, por la mejor utilización, de las riquezas naturales de los pueblos.

Hace votos después porque cada nueva reunión del Congreso sea un paso más hacia el logro de esa alta finalidad, ideal a que solamente puede acercarnos el trabajo constante de todos, y termina con efusivas frases de despedida y felicitación a los Congresistas, que tan brillantemente han colocado en la historia del Congreso Geológico Internacional esta XIV reunión que ahora termina.

A continuación habló en nombre de los Congresistas el Presidente del Congreso de San Petersburgo, Sr. Karpinsky, Presidente de la Academia de Ciencias Rusa, que se dirigió a la Asamblea en la siguiente forma:

EXCELLENCE, MESDAMES, MESSIEURS, CHERS CONFRÈRES,

MONSIEUR LE PRÉSIDENT, NOTRE CHER PRÉSIDENT.

Permettez-moi, en ma qualité du plus ancien Président du Congrès Géologique International, de vous exprimer nos plus chaleureux remerciements de l'immense travail que vous aviez entrepris avec notre cher Secrétaire Général et les membres du Comité d'organisation pour le succès du Congrès, ainsi que des journées charmantes que nous avons passées dans votre beau pays si pittoresque et si important au point de vue scientifique par sa constitution géologique compliquée, par sa beauté que nous voyons partout dans la nature du pays, dans les musées, dans les bibliothèques pleins d'objets incomparables. Nous sommes, je crois, tous enchantés de l'accueil si cordial de la part des organisateurs du Congrès et de l'administration de cette belle capitale. Nous vous en exprimons toute notre reconnaissance.

Nous devons adresser nos remerciements les plus chaleureux à M. Dupuy de Lôme, notre infatigable Secrétaire Général, qui ne disposait d'un moment de liberté pris par l'accomplissement de ses devoirs compliqués et fort variés, nécessaires pourtant pour le succès du Congrès. Veuillez cher monsieur recevoir notre reconnaissance la plus cordiale.

Nous adressons nos respectueux remerciements à S. E. M. le Ministre et au Gouvernement Espagnol.

Je dois encore ajouter — et c'est notre premier devoir — que nous sommes profondément touchés de l'aimable attention de Sa Majesté le Roi, des grands hommages que le Souverain, le maître du pays a bien voulu rendre aux savants Géologues du monde entier qui se sont réunis dans son pays. Le Roi Don Alfonso a non seulement assisté à la séance d'ouverture du Congrès, mais il a bien voulu ouvrir personnellement le Congrès et même présider à toute la première séance de notre réunion. Pendant la réception au Palais Royal, réception si exclusivement aimable, j'ai eu l'occasion d'exprimer à Sa Majesté ce que je viens de dire. J'espère que tous nos collègues seront d'accord pour adresser notre prière à M. le Ministre et au Président du Congrès d'exprimer au Roi notre profonde reconnaissance et nos hommages les plus respectueux.

El Congresista más antiguo de los presentes, el Sr. De Margerie (Francia), dijo las siguientes palabras:

EXCELLENCE,

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

MESDAMES, MESSIEURS.

Ce n'est pas sans émotion que je prends la parole en ce moment comme doyen de présence des membres du Congrès Géologique International.

Mon souvenir se reporte à 48 ans en arrière, à la séance inaugurale de nos Assises qui se tint à Paris, comme vous le savez, lors de l'Exposition Universelle de 1878

C'est justement dans un édifice portant un nom espagnol, au Palais du Trocadero, que notre Ministre de l'Instruction Publique, M. Bardoux, ouvrit le Congrès, Hebert fut le Président effectif. Je revois encore à ses côtés D. Juan Vilanova, le Professeur Solano, Paul Choffat, qui y représentaient brillamment la Géologie de la Peninsule.

Que de disparus avec eux! A commencer par mon Maître, Albert de Lapparent, et tant d'autres!

Messieurs, j'ai assisté à la plupart des Sessions précédentes et à beaucoup d'autres Congrès Scientifiques. C'est vous dire que j'en connais les défauts, la difficulté de suivre un ordre du jour parfois trop chargé, l'agitation nerveuse qui résulte du choc incessant de tant de personnalités et de tant d'idiomes différents, parfois aussi la multitude des réceptions et des banquets trop généreux...

Mais, mieux que personne, peut-être, je sais aussi en mesurer les bienfaits: une meilleure compréhension réciproque, une appréciation équitable des efforts de chacun, et souvent aussi, je puis bien le dire parce que j'en ai fait plus d'une fois l'agréable expérience, la création d'amitiés solides, fondées sur des préoccupations semblables et sur des goûts communs; qui font l'ornement de l'existence et lui donnent tout son prix.

Aussi, ne suis-je pas inquiet sur l'avenir de notre Institution; et je souhaite à tous ceux d'entre vous qui sont entrés plus tard dans la carrière, d'y trouver autant de joie et de profit que j'en ai trouvé moi-même.

El Excmo. Sr. Ministro de Fomento pronunció el siguiente discurso:

Han de ser mis primeras palabras expresión profunda de la gratitud que todos sentimos por la labor realizada en el XIV Congreso Geológico Internacional. España se honra por haber tenido huéspedes tan esclarecidos y cuya labor en pro de la ciencia es reconocida por el mundo entero. Realmente, la satisfacción que hemos experimentado al reunir en nuestra casa sabios Geólogos pertenecientes a más de cuarenta naciones diferentes, correspondientes a las cinco partes del mundo, es tan grande, que las palabras que la expresen a la fuerza tienen que hallarse invadidas por la más intensa emoción.

Durante siete días, por la mañana y por la tarde, en seis salas distintas, habéis estado discutiendo temas relacionados con la ciencia geológica; esa ciencia que ofrece caminos tan diferentes y en tan gran número, a los hombres que quieren escudriñar en el conocimiento de la tierra. Comprenderéis que es poca la vida de un hombre, por grande que sea su inteligencia, para investigar con fruto en ciencias tan diferentes como la paleontología, la petrografía, la mineralogía, la geofísica, la estratigrafía, la tectónica, etcétera. Cuando se mira el camino a seguir en cualquiera de ellas, más aún, en cualquiera de sus ramas o subdivisiones, se comprende mejor que nunca la necesidad de la asociación de los hombres, la necesidad de la ayuda mutua, y se ven con gozo y satisfacción estas Asambleas, en donde se borran las fronteras y en donde todos los hombres se unen en una sola idea: la de trabajar juntos para conseguir el mayor esplendor de la ciencia.

Gran número de comunicaciones se han leído en este Congreso, tal vez no superadas en ningún otro. Han pasado de ciento ochenta y comprenden temas de muy diversa naturaleza. Ninguna de las ramas de la ciencia geológica ha dejado de ser objeto de vuestra investigación. Al lado de temas de carácter puramente científico se encuentran otros de aplicación, y no puedo por menos de citar la serie de trabajos realizados en este Congreso en la sección donde se han discutido los temas sugestivos de la Geofísica, porque los acuerdos tomados designando a España para establecer en ella la oficina central del mundo de la Geofísica y de la Isostasia, es el más alto honor que podíais habernos dispensado. Esperamos que con nuestra voluntad y nuestro trabajo nos haremos acreedores de la confianza en nosotros depositada.

No puedo por menos de expresar nuestra gratitud por la proposición aprobada en la Asamblea de este Congreso, de que se reimpriman las obras

agotadas del Instituto Geológico de España que juzgan indispensables para el progreso de las ciencias los Delegados de todas las naciones. Este homenaje a la ciencia española sabemos comprenderlo en todo su valor, y tened la seguridad que lo agradecemos de todo corazón.

No quiero dejar de citar tampoco otra prueba más de vuestra confianza en nosotros, que representa el que hayáis elegido también a España para que vaya haciendo una estadística y un cuerpo de doctrina de todos los sondeos que se realicen en el mundo entero. Las ventajas de esta proposición para la ciencia van viniendo a la mente a medida que se van leyendo sus palabras.

No dudéis, ni por un momento, que a las personas de España que han de llevar a la práctica los acuerdos de carácter internacional que acabamos de señalar les ha de faltar nunca el apoyo del Gobierno de S. M. Este está poseído del interés que representa vuestra labor para el progreso y bienestar de la Humanidad, y, con la satisfacción del cumplimiento del deber, dará todas las facilidades necesarias para llevar a la práctica los citados acuerdos.

Y, por último, antes de partir para vuestros respectivos países, he de haceros un ruego: que no nos olvidéis, que cuando estéis en vuestros laboratorios, entre vuestras piedras, recordéis con agrado vuestra estancia en España, y al deciros esto hablamos por egoísmo, porque tal vez si hacéis eso sintáis el acicate de volver a visitarnos y volveremos a tener una satisfacción análoga a la muy grande que hemos alcanzado al teneros entre nosotros.

En nombre del Rey queda clausurado el XIV Congreso Geológico Internacional.

BANQUETE OFICIAL

El día 31, por la noche, ofreció el Excmo. Sr. Ministro de Fomento un banquete a todos los miembros del XIV Congreso Geológico Internacional.

Inició los brindis el Excmo. Sr. D. César Rubio, Presidente del Congreso, con las siguientes palabras:

MESDAMES, MESSIEURS:

Nous voilà arrivés à l'heure lourde de la séparation. C'est avec tristesse que nous vous verrons partir, messieurs; quant à vous, mesdames, c'est avec une profonde mélancolie que je vous fais mes adieux. Vous avez été non seulement la plus belle fleur du bouquet de notre Congrès, mais vous êtes encore pour nous le symbole des sentiments les plus élevés, de l'amour le plus pur, la charité et l'amour au prochain dans la plus belle acception du mot.

Un de nos grands poètes, Calderón, a dit que la vie n'est qu'un rêve: laissez-moi pour un moment rever parmi vous, a un avenir, peut-être lointain, mais non moins desirable, où les passions farouches des hommes feront place à l'amour sublime que vous représentez, à l'amour au prochain, à la fraternité humaine. Si ce règne advient, il aura certainement son berceau dans la science: une autre grande dame comme vous l'êtes, qui fait don de ses inépuisables bontés, non à ceux d'ici, ou à ceux d'au delà, mais sans limites, sans bornes, à toute l'Humanité.

Osions espérer, que nos Congrès Géologiques, par l'ampleur de ses vues pourront contribuer largement à ce noble idéal.

Je leve mon verre, d'abord à votre hommage et honneur, mesdames, et ensuite pour le bonheur de tous les Congressistes et pour les succès futurs des Congrès Géologiques Internationaux.

A continuación brindaron todos los Delegados oficiales presentes por el siguiente orden:

- Sres. J. F. Pompeky, Alemania.
- » J. M. Sobral, Argentina.
- » C. Doelter, Austria.
- » P. F. J. Fourmarier, Bélgica.
- » C. Purkyne, Checoeslovaquia.
- » I. C. Sun, China.
- » H. Sadek, Egipto.
- » F. T. Kemip, Estados Unidos de Norteamérica.
- » J. J. Sederholm, Finlandia.
- » C. Depéret, Francia.
- » Sir J. S. Flett, Gran Bretaña y Colonias.
- » E. Traumann, Guatemala.
- » G. de László, Hungría.
- » L. L. Fermor, India.
- » G. Stefanini, Italia.
- » Y. Oinouye, Japón.
- » G. Vivar, Méjico.
- » O. Holtedahl, Noruega.
- » H. A. Brouwer, Países Bajos.
- » J. Morozewicz, Polonia.
- » A. Borges, Portugal.
- » D. Mouchkétoff, Rusia.
- » A. Grönwall, Suecia.
- » A. Malik, Turquía.
- » B. Fernández y Medina, Uruguay.

Por último, el Excmo. Sr. Ministro de Fomento, en elocuentes frases, agradeció a todos los concurrentes su brillante actuación y les invitó a seguir infatigablemente trabajando por el desarrollo de la ciencia geológica.

Brindó después por todas las naciones presentes, recibiendo una gran ovación al terminar su brillante discurso.

TRABAJO DE LAS SECCIONES

Reseñar con todo detalle la enorme labor desarrollada en las Secciones, donde se han leído más de ciento ochenta Memorias y ha habido interesantísimas discusiones entre los especialistas más eminentes del mundo entero, sería tarea larguísima e inútil, pues todo esto constará en las Memorias del Congreso Geológico.

Nos limitaremos a publicar la lista de las comunicaciones leídas en las once Secciones, sin perjuicio de que en el capítulo V de esta obra publiquemos algunas de las Memorias que más directamente interesen para el conocimiento del suelo y de las riquezas minerales de nuestra patria.

LISTA DE LAS MEMORIAS LEÍDAS EN EL CONGRESO

- Alvarado (D. A. de).* — Fracturas metalizadas en término de Andújar.
- Ambronn (H. Richard).* — Systemathik der geophysischen Untersuchungsmethoden.
- Ami (Mr. H. M.).* — The cambrian fossils of Canada.
- Arabu (Mr. N.).* — Essai sur l'évolution géologique de l'Europe et sur ses rapports avec celle de l'Afrique.
- Arctowski (M. Henryk).* — Resultats d'observations géothermiques faites dans les puits a Pétrole de Borplan.
- Backlund (M. Helge G.).* — Le rôle des intrusions granitiques dans la chaîne caledonienne de la Scandinavie.
— On hercynian folding in the polar arctic.
- Barandica (D. Manuel) y Miláns del Bosch (D. Javier).* — Relaciones entre las anomalías de la gravedad y la constitución geológica de España.
- Bataller (D. R. J.).* — Los yacimientos de vertebrados fósiles miocénicos de Cataluña.
- Berthon (M. L.) y Solignac (M. M.).* — Gisements de fer de la Tunisie septentrionale.
- Bigot (M. A.).* — La faune cambrienne du massif armoricain.
- Borges (D. Alexandre) y Vélez Mouta (D. I. S. T.).* — Sur le crétacé du littoral de l'Angola.

Borges (D. Alexandre) y Vélez Mouta (D. I. S. T.). — Sur le tertiaire et le quaternaire du littoral de l'Angola.

Borgstroin (Mr. L. H.). — The melting and dissociation points of sulphide minerals.

Broughton-Edge (Mr. A.). — The pyritic orebodies of Southern Spain and Portugal.

Brouwer (Mr. H. A.). — Overthrust structure in the Eastern Betic Cordillera.

Carbonell (D. A.). — Nota sobre los depósitos de foraminíferos terciarios de Córdoba.

- Los yacimientos de metales poco frecuentes en la provincia de Córdoba y en otros lugares comparables a ella geológicamente.
- Nota sobre los vertebrados terciarios hallados en Córdoba.
- Nota sobre los yacimientos de Archeocyathidos.

Chaves y Pérez del Pulgar (D. F.). — Aplicación del estudio de algunos materiales litológicos de la provincia de Córdoba a la interpretación de la línea tectónica del Guadalquivir.

- Depósitos considerados como cambrianos en el Sur de España que deben pasar al culm y al devoniano.
- La plegadura hercíniana según los antecedentes geológicotectónicos de la provincia cordobesa.
- Hipótesis tectónicas. — Noticia derivada acerca de la razón de las grandes manchas graníticas y de las formaciones orogénicas. — Ideas relativas al caso de España.

Carstens (H. C. W.). — Ueber die Genesis der Kiesvorkommen im Trondjemgebiet.

Carsi (D. A.). — La fotografía panorámica geológica y la cinta paleográfica. — Datos diversos sobre geología, hidrología y minería del Rif. — Fragmentos de algunos

estudios geológicos e hidrológicos, en los que se caracteriza alguna localidad determinada, se descubre alguna novedad geológica, o se establece, se ratifica alguna ley sobre determinados fenómenos geológicos.

Carvajal (D. E.). — Nota sobre un yacimiento de fósiles vertebrados en la provincia de Logroño.

Casa Chaves (Conde de). — Una hipótesis física de las causas de la discontinuidad geológica.

Carbonell (D. A.). — Aplicación del estudio de algunos materiales litológicos de la provincia de Córdoba a la interpretación de la línea tectónica del Guadalquivir.

Cayeux (M. L.). — L'origine des sables des dunes sahariennes.

Czarnocki (M. J.). — Le cambrien et la faune cambrienne de la partie centrale du massif de Swiety Krzyz (St.-Croix) en Pologne.

Chevalier (M. M. R.). — La tectonique et le vulcanisme dans les regions d'Olot, Bañolas et Ampurdán.

— L'évolution géologique et physiografique dans les Pyrénées et dans l'Ampurdán pendant le Sicilien et le Quaternaire.

Cueto y Ruiz Díaz (D. E.). — Geology of the Cantabro-Asturian region.

Dantín Cereceda (D. J.). — Los suelos de España.
— El arroyo subsecuente de Valdebebas.

Depéret (M. C.). — Les singes fossiles du pliocène de France.

Demay (M. A.). — Sur la genèse des gisements de Pyrite de la région de Huelva.

Dixey (M. F.). — Recent investigations into the geology of Nyassaland.

Doelter (H. C.). — Die Reaktionen bei der Bildung der Pyritlagerstaetten.

Fábregas (D. P.). — Génesis de los criaderos metalíferos: teoría termosifoniana.

Fallot (M. P.) y Gignoux (M. M.). — Contribution a la connaissance des terrains néogènes et quaternaires marins sur les côtes méditerranéennes d'Espagne.

Fallot (M. P.) y MM. Jacob, Astre et Ciry. — Observations tectoniques sur le versant méridional des Pyrénées.

Ferrando Mas (D. P.). — Génesis de los filones cupríferos y diorita exomórfica de la Sierra de Algairen.

Fleury (M. E.). — Les foraminifères du Tertiaire Portugais.

Fourmarier (M. P. F. J.). — Les traits directeurs de l'évolution géologique du continent Africain.

Gavelin (Mr. A.). — Geophysical prospecting in Sweden.

Gignoux (M. M.) y Fallot (M. P.). — Contribution a la connaissance des terrains néogènes et quaternaires marins sur les côtes méditerranéennes de l'Espagne.

Gil (D. R.). — El camino a seguir para el descubrimiento de los yacimientos de combustibles líquidos y sólidos en España.

Gómez Llueca (D. F.). — Contribución al conocimiento de los foraminíferos fósiles de las formaciones numulíticas de España.

Gortani (M. M.). — Le paléozoïque des Alpes carniques et de l'ile de Sardaigne.

Goetzinger (H. G.). — Oesterreichische Phosphatforschung.

Grigorowitch-Beresowsky (M. N. A.). — Terrains tertiaires du Daghestan (Caucase).

Guerastimov (M. A.). — Nouvelles données sur la géologie du Caucase.

Hamberg (H. A.). — Die Bodentemperaturen der Gletscher und Inlandseise.

Haarmann (H. E.). — Die Oszillationstheorie; eine Erklaerung der Gebirgsbildung.

Herdzman (Mr. W. H.). — Vulcanism and metallogeny.

Hereza Ortuño (D. J.). — Teoría general para explicar la génesis y formación de los yacimientos metalíferos de tipo primitivo.

Holtedahl (Mr. O.). — Features in the structural history of certain Arctic regions.

Hucke (H. K.). — Foraminiferen der Tertiaerzeit.

Hundt (H. R.). — Graptolithenfauna des Deutschen Silurs.

Inglada Ors (D. V.). — El sismo del bajo Segura del 10 de septiembre de 1919.

— Cálculo de las coordenadas del foco, basado en la hora inicial de los sismogramas registrados en varias estaciones próximas.

Jacob (M. A.) y MM. Fallot, Astre et Ciry. — Observations tectoniques sur le versant méridional des Pyrénées.

Jacob (M. A.). — Resultats nouveaux obtenus dans l'exploration de l'Indo-Chine française depuis 1922; notamment ceux qui relatent deux notes de MM. Fromaget et Mansuy.

Joleaud (M. L.). — Les proboscidiens et les antilopes fossiles éthiopéens.

— L'histoire géologique de la Mediterranée occidentale d'après les échanges des faunes terrestres entre l'Europe et l'Afrique.

Jillson (Mr. W. R.). — Geology of the Oil-Shales of the Eastern United States.

Jiménez de Cisneros (D. D.). — El lías medio alpino en el Sureste de España y sus relaciones con los demás sistemas.

Joly (M. H.). — Les résultats d'études géologiques sur la chaîne Celtibérique.

Jorge (E. de). — El eoceno en Vizcaya.

Krahmann (H. M.). — Ueber Zweck und Methode der Lagerstaetten-Inventuren.

- Kaiser (H. E.).* — Tektonik und Morphogenesis an der Kueste Suedwest-Afrikas.
- Kraus (H. E.)* — Der geomechanische Typus der Mittelrheinischen Masse und der orogene Cyklus.
- Der geomechanische Typus der Mittelrheinischen Masse. (Vogesen-Schwarzwald.)
- Kettner (M. R.)*. — Evolution paléogéographique du Barrandien.
- Keyes (Mr. Ch.)*. — Measure of geologic time.
- Kindelán (D. V.)*. — Es de gran interés y será útil el estudio e investigación por procedimientos geofísicos de los terrenos miocenos y azufreros del Sureste de España, por si en ellos existen depósitos de hidrocarburos susceptibles de aprovechamiento industrial.
- Kodym (M. C.)*. — Sur les zones a grapholithes du Silurien de la Bohême centrale.
- Koenigsberger (H. J.)*. — Ueber die Bestimmung der Mächtigkeit von Schotter und Sandmassen.
- Kossmat (H. F.)*. — Geologische Erläuterungen zur Frage der isostatischen Reduktionsmethoden.
- Ueberschiebungen im varistischen Bogen Sachsen und der Sudetenlaender.
- Krenkel (H. E.)*. — Der geologische Bau Afrikas.
- Kreutz (M. St.)*. — Contribution a la pétrographie des roches cristallines des chaînes anciennes de la Pologne méridionale.
- Lamare (M. P. J. H.)*. — Sur la structure des Pyrénées navaraises.
- Lebedew (M. N.)*. — Ueber die Zusammenstellung der russischen Carbonablagerungen und denen der anderen Gegenenden.
- Little (Mr. H. O.)*. — Description of a new Geological Map of Egypt; scale 1 : 2.000.000 prepared for the International Geological Map of Africa.

- Maliavkin (M. S.)*. — Les gisements de phosphates de la Russie (U. R. S. S.).
- Margerie (M. E. de)*. — Oeuvres géologiques de Marcel Bertrand.
- Marín (D. A.)*. — Algunas notas estratigráficas sobre la cuenca terciaria del Ebro.
- Marshall (Mr. P.)*. — Larger tertiary foraminifera in the South-West-Pacific.
- Matousek (Mr. O.)*. — The problem of overthrust faulting in the Northern islands of the Adriatic Sea.
- Notion of the uniformity of stratigraphical terminology with regards to the diastrophical division.
- Meseguer Pardo (D. J.)*. — Estudio petrográfico del cerro eruptivo «El Monagrillo», de la provincia de Murcia.
- Miláns del Bosch (D. J.) y Barandica (D. M.)*. — Relaciones entre las anomalías de la gravedad y la constitución geológica de España.
- Morozewicz (M. J.)*. — Sur les mariupolites et leurs proches.
- Mouchkétoff (M. D.)*. — Organisation des explorations géologiques minières géophysiques et des fouilles en Russie.
- Travaux de l'Institut de la Géophysique appliquée:
- Dans le domaine de la gravimétrie.
 - Dans le domaine de la sismométrie.
 - Dans celui de l'électrométrie au moyen des courants permanents et alternatifs ou des flots de radio.
 - Dans celui de la magnétométrie.
- Navarro Neumann (D. M. M. S.)*. — Les éboulements de Monachil.
- Sur quelques contributions de la Géologie à la Séismologie.
- Nikiforov (M. P.)*. — Sur les principes des méthodes gravimétriques et sismiques de la prospection géologique.

- Nikiforov (M. P.).* — Sur quelques uns des résultats de l'application des méthodes géophysiques à la prospection géologue dans l'U. R. S. S.
- Sur un nouveau type de variomètre de gravité à courte période.
 - Un nouveau type de sismograph portatif pour les observations dans la campagne.
- Nopcsa (Baron F. de).* — Sur la distribution des types principaux des roches volcaniques.
- Nowak (H. E.).* — Pyrit-Lagerstaetten der Welt.
- Geologie des Mittellaendischen Meeres.
- Novak (M. J.).* — La nature et le rôle des plissements hercyniens en Pologne.
- Oliveira Machado e Costa (D. A. de).* — Les gisements de sel gemme du Portugal.
- Pannekoek van Rheden (Mr. J.).* — Some remarks on the terraces of the Maas below Maastricht.
- Patac (D. I.).* — La formación uraliense española.
- Petrascheck (H. W.).* — Metallogenetic Zonen der Alpen.
- Petrowitch Pavlow (M. A.).* — Dépôts continentaux pliocènes et pleistocènes de l'Europe Orientale.
- Pia (H. J.).* — Die Kalkalpen des Altpaleozoikums.
- Poliakov (M. B.).* — Opinion provisoire concernant une dépendance possible des phénomènes volcaniques de la dilatation thermique des roches.
- Popescu-Voistesti (M. I.).* — Contributions à la connaissance de l'extension des nummulites de grande taille dans les régions carpathiques en particulier et dans celles méditerranéennes en général.
- Quirke (Mr. T. Th.).* — Geophysical studies:
- a) Their application to Geology.
 - b) On the subject of the deformation of the crust of a shrinking sphere.
- Range (H. P.).* — Die Geologie der Kuestenwueste Suedwest-Afrikas zwischen dem Kuiseb und der Luederitzbucht-Eisenbahn.
- Rauw (M. H. J. S.).* — Les traits généraux de la Géologie de l'Angola.
- Redlich (H. K. A.).* — Beobachtungen an schichtigen Kieslagerstaetten der Alpen und Karpathen.
- Reinecke (H. A.).* — Eine kleine neue photographisch registratorende Drehwage nach Schveydar.
- Reinhold (Mr. Th.).* — Stratameters; instruments for securing geologic datas in boreholes.
- Renngarten (M. V.).* — Les nouvelles données sur la tectonique du Caucase.
- Rinne (H. F.).* — Spannung, Fliessen, Faltung, Bruch.
- Roberts (Mr. J.).* — The origin of anthracite.
- Royo y Gómez (D. J.).* — La tectonique du tertiaire continental ibérique.
- Russo (M. Ph. A. F.).* — Le quaternaire dans les Hauts Plateaux Marocains.
- Sadek (Mr. H.).* — The principal structural features of the Peninsula of Sinai.
- Salfeld (H. H.).* — Die geologischen Grundlagen fuer die Anwendung geophysikalischer Aufschlussmethoden.
- Salomon-Calvi (H. W.).* — Epeirogenesis und magmatische Hebungen.
- Samojloff (M. J.).* — Proposition relative a l'unité de classification mécanique des roches sédimentaires et des sédiments actuels.
- Sans Huelin (D. G.), y los Sres. Gil, Barandica, García Siñeriz y Miláns del Bosch.* — Investigaciones geofísicas en la cuenca potásica de Cataluña.
- Sans Huelin (D. G.).* — Compensación isostática en España.
- Schriel (H. W.).* — Ueber eine neue geologische Karte von

- Europa im Maßstab von 1 : 10.000.000 und eine geologische Karte der Erde I. M. von 1 : 15.000.000 mit Lagerstaettenkarte.
- Schumacher (H. F.).* — Metallogenese der Erzlagerstaetten Spaniens.
- Seidl (H. E.).* — Die Tektonik der Alpen als mechanisch-physikalisches Problem; erläutert an der Gesetzmässigkeit des Stoerungsmechanismus der Noerdl. Kalkalpen. Ein Beitrag zum Problem des Vulkanismus.
- Sellards (Mr. E. H.).* — Origin of the Phosphates of Florida.
- Slavik (M. F.).* — Les «pillow-lavas» algonkiennes de la Bohême.
- Solignac (M. M.) y Berthon (M. L.).* — Gisements de fer de la Tunisie septentrionale.
- Stappenbeck (H. R.).* — Die geologische Verteilung der Minerallagerstaetten Suedamerikas.
- Staub (H. R.).* — Gedanken zum Strukturbild Spaniens.
- Stefanini (Sig. G.).* — Sur la constitution géologique de la Somalie Italienne du Nord.
- Steinmann (H. G.).* — Die ophilitischen Zonen in den mediterranen Kettengebirgen.
- Stille (H. H.).* — Stammbaum der Gebirge und Vorländer.
- Suess (H. F.).* — Die Tiefenstruktur der mitteleuropaeischen Horste und ihre Bedeutung fuer das Verständnis der Gebirgsstrukturen im Allgemeinen.
- Sun (Mr. I. C.).* — Silurian (Ordovian and Gothlandian) fauna of China. Cambrian fauna of China.
- Sundberg (H. K.).* — Schwedische elektrische Schuerfmethoden.
- Swiderski (M. B.).* — Quelques nouvelles données sur la tectonique des Karpathes.
- Geological structure of the Pokucie Carpathians.
 - Compte rendu de la première réunion de l'Association pour l'avancement de la géologie des Karpathes.

- Szadeczky (M. J. V.).* — Verdeckte Gebirgsreste im Nordwesten von Siebenbuergen. Sind die Munti Apuseni (westl. Genzgebirge von Siebenbuergen) varistischen Alters.
- Taverne (Mr. N. J. M.).* — Active volcanoes of different types of Java.
- Termier (M. P. M.).* — L'homme au commencement des temps néolithiques en Indo-Chine (de H. Mansuy; Indo-Chine).
- Les mouvements hercyniens dans l'Indo-Chine centrale (de Fromaget, Indo-Chine).
- Tesch (M. P.).* — Roches éocènes à nummulites dans les Pays-Bas.
- Ulrich (Mr. E. O.).* — Comparison of European and American paleozoic systems.
- Organic and physical criteria in stratigraphic correlation.
- Vázquez Aroca (D. R.).* — Una nueva corrección que quizás convendría hacer en las determinaciones de la gravedad terrestre.
- Velez Mouta (D. I. S. T.) y Borges (D. A.).* — Sur le crétacé du littoral de l'Angola.
- Sur le tertiaire et le quaternaire du littoral de l'Angola.
- Wedekind (H. R.).* — Bau und Bedeutung der Obersilurischen Korallen von Gotland.
- Wegener (H. G.).* — Ueber den Gebirgsbau von Suedchina.
- Wernert (M. P.).* — La caractérisation faunique du Vieux Loess.
- Winkler-Hermaiden (H. A.).* — Alpen und Dinariden.
- Die jungen Vulkane am Ostrand der Alpen.
 - Geologische Karte von Albanien i. M. von 1 : 200.000 und der geologische Aufbau von Albanien (v. E. Nowack.)
- Wurm (H. A.).* — Ueber neuentdeckte cambrische Faunen in Deutschland.
- Deckenbau im varistischen Gebirge.

Yacowlev (M. N.). — Les relations réciproques entre le Permien et le Permocarbonifère.

Zavaritzky (M. A.). — Les gisements de pyrite de la Russie.

Zuber (M. St.). — Notes sur la classification des Cardidae de faunes saumâtres.

— Contributions à l'histoire des bassins pliocéniques aux pays ponto-caspis.

CAPÍTULO IV

Excursions

EXCURSIONES

El programa de las excursiones se ha desarrollado exactamente como fué anunciado en las circulares segunda y tercera y como se había ensayado minuciosamente hasta en sus menores detalles antes del Congreso, contribuyendo esta labor de preparación tan prolífica en gran parte al éxito de las excursiones, algunas de las cuales tenían un recorrido sumamente complicado por regiones de difícil acceso.

Entre las más difíciles de realizar figuraron la A-7 - Canarias -, para la cual fué necesario fletar un barco especial de la Compañía Transmediterránea, el *Jaime II*, que durante quince días fué albergue de los excursionistas, que efectuaron en él toda la excursión, empezando en Cádiz para abandonar el barco en Sevilla, de regreso ya de tan interesante excursión.

También ofreció dificultades el alojamiento de la excursión A-3 - Linares-Huelva-, permaneciendo los excursionistas varias noches en Linares en un tren especial compuesto de coches-camas, que les sirvió de hotel ambulante.

La excursión B-1 - Almadén - también exigió la habilitación de un tren especial, compuesto exclusivamente de coches-camas y comedor.

Las excursiones A-2 - Serranía de Ronda - y A-6 - Terciario Continental de Burgos - no pudieron realizarse por falta

de inscripciones, pues solamente se apuntaron cuatro Congresistas para la primera y uno solo para la segunda.

En las otras excusiones, en cambio, el número de inscripciones fué mucho mayor que el de Congresistas que con las debidas comodidades podía alojarse y transportarse, y una de las tareas más desagradables del Secretario de la Junta organizadora fué rechazar las peticiones de miembros del Congreso deseosos de visitar distintas regiones de nuestra patria.

EXCURSION A-1

Estrecho de Gibraltar

Los siguientes Congresistas tomaron parte:

Mr. Fred James Alcock (Canadá), Mr. J. Van Baren (Holanda), D. Antonio Benjumea (España), Mr. Everend Lester Bruce (Canadá), Miss Mary Violetta Bruce (Canadá), Miss Edna Chown (Canadá), Mr. Herdman F. Cleland (E. U. N. A.), Mr. A. C. Coleman (Canadá), M. Charles Duny (Francia), H. Gothard Fliegel (Alemania), Mrs. Julia Gardner (E. U. N. A.), D. Joaquín Gómez de Llarena (España), D. Fernando de Guezala e Igual (España), Mr. George M. Hall (E. U. N. A.), H. Edwin Hennig (Alemania), Mr. Olaf Holtedahl (Noruega), M. Ludwick Horwitz (Polonia), Mr. Abraham Idenburg (Holanda), H. Erich Kaiser (Alemania), Mr. Maxwell M. Knechtel (E. U. N. A.), Mr. Niels Henri Kolderup (Noruega), Mr. Andrew C. Lawson (E. U. N. A.), Mr. y Mrs. C. K. Leith (E. U. N. A.), M. Adam Luniewski (Polonia), Mr. Victor Madsen (Dinamarca), Mr. y Mrs. Edward B. Mathews y Miss Mary Mathews (E. U. N. A.), Mr. Otokar Matousek (Checoslovaquia), D. Juan Manuel Mazzarsa (España), M. Trajan I. Metianu (Rumania), Mr. Benjamin Le Roy Miller (E. U. N. A.), H. Wilhelm Petrascheck y Frau Hildegard Petrascheck (Austria), H. Walter Schriel (Alemania), H. Friedrich Schumacher (Alemania), Mr. William Johnson Sollas (Inglaterra), Sig. Giuseppe Stefanini (Italia), H. Hans

Stille y Frau Hanna Stille (Alemania), Mr. Bohdan Swiderski (Polonia), Mr. Pieter Tesch (Holanda), H. Friedrich Moritz Weiser (Alemania), Mr. William Embry Wrather y Mistres W. E. Wrather (E. U. N. A.).

La excursión, en la parte de España, ha sido dirigida por D. J. Gavala, autor de conocidos trabajos y del mapa geológico detallado de la provincia de Cádiz.

En la parte occidental de Marruecos (Ceuta-Tetuán) mostraron la geología de la Península Norte-Marroquí los señores A. Marín y J. Miláns del Bosch; en Melilla, los Sres. A. Valle y P. Fernández Iruegas, Ingenieros de Minas, todos pertenecientes al Instituto Geológico de España.

La finalidad perseguida con la excursión A-1 era procurar a los Congresistas participantes en ella los medios de estudiar la constitución geológica de los terrenos que forman las dos orillas del Estrecho de Gibraltar, al mismo tiempo que mostrarles en España una buena parte de las provincias andaluzas, visitando detenidamente Sevilla, y en Marruecos, las principales ciudades de nuestro protectorado, entre las que destaca, por su belleza y puro estilo árabe, su capital: Tetuán.

Mayo, 10. Salieron los expedicionarios de Madrid en el expreso de Andalucía, a las veinte y veinte, por la estación del Mediodía, para llegar a Jerez al día siguiente, a las once y treinta, siendo recibidos en la estación por las autoridades de la ciudad.

» 11. Fueron obsequiados con un espléndido almuerzo, ofrecido por la casa «Pedro Domecq», que tuvo lugar en una de las bodegas, después de haber visitado detenidamente todas éstas y la instalación de embotellado y embalaje, siempre acompañados del Excmo. Sr. Vizconde de Almoharen, actual jefe de la Casa.

A las tres de la tarde se abandonó tan hospitalaria morada para celebrar la primera excursión geológica, siguiendo la carretera de Cádiz, que cruza por Puerto de Santa María, Puerto Real, San Fernando, y, derivando de este punto, para llegar al mar, en el paraje llamado «Sancti-Petri», y ver una curiosísima formación perteneciente al tramo medio del astiense, constituida por bancos de *ostrea*, casi sin más cimento que el proporcionado por los mismos fósiles al despegarse en trozos pequeños.

Durante este recorrido se tuvo ocasión de cortar y estudiar las siguientes formaciones, todas ellas muy típicas, de la provincia de Cádiz: el oligoceno, representado por un tramo de margas arcillosas blancas, llamadas en la región «albarizas», llenas de diaclitas; más adelante, en la pequeña Sierra de San Cristobal, el mioceno, con arenas arcillosas correspondientes al burdigaliense, encima directamente de las albarizas, y sobre ellas, las capas de caliza tosca del helvético. Cubriendo la falda Sur de esta sierra, asoman los depósitos pliocenos en discordancia con el mioceno y compuestos aquí de bancos de una caliza conchífera o piedra ostionera, como se la denomina en la localidad, y que corresponden al mismo nivel que los de Sancti-Petri. Antes de llegar a San Fernando se cruzaron unas grandes llanuras marismeñas que se explotan para la producción de la sal común con el agua del mar. En el cerro de los Mártires, muy próximo a San Fernando, y en el eje de un pequeño anticlinal roto del terciario, pudo verse un asomo de triás correspondiente al keuper.

Mayo, 12. Se empleó todo el día en hacer el recorrido de Jerez a Algeciras, pasando por Medina Sidonia, Ve-

jer y Tarifa. Hubo ocasión de estudiar las formaciones triásica y eocena, que no se habían visto el día anterior. El primero está representado por el tramo de margas y arcillas abigarradas con yesos, o sea el keuper; y el segundo, lo está exclusivamente por el flysch. También se atravesó un importantísimo nivel en la región del oligoceno inferior, constituido por unas areniscas azoicas que se apoyan siempre sobre el eoceno, y, con mucha frecuencia, en discordancia.

Se llegó a Algeciras a las siete, siendo recibidos por el alcalde y demás autoridades en el Ayuntamiento, donde los excursionistas fueron obsequiados con un té.

Mayo, 13. Se hizo la travesía del Estrecho en el vapor correo *Hespérides*, de la Compañía Transmediterránea, saliendo de Algeciras a las doce de la mañana y desembarcando, a las catorce, en Ceuta, donde, como en las otras ciudades, esperaban la llegada de los Congresistas las autoridades civiles y militares, siendo, a las diez y seis y treinta, recibidos oficialmente en el Ayuntamiento y obsequiados con un té.

A las cinco se abandonaba la Casa de la Ciudad para hacer la primera excursión geológica en terreno marroquí, que tenía por objeto rodear el monte Acho, mogote estratocristalino, compuesto casi exclusivamente de gneis de múltiples variedades, y visitar un interesante dique peridotítico convertido totalmente en serpentina que corta el istmo de Ceuta de Norte a Sur, roca que con idénticos caracteres abunda en la costa española mediterránea.

» 14. La mañana de este día se empleó en visitar el puerto y los terrenos de la costa comprendidos entre Ceuta y las canteras de Benzú, comprobándose la



Grupo de excursionistas en las canteras de Benzú.

presencia del gran sinclinal hercíniano que el estrato-cristalino forma entre el monte Acho y la sierra de Anyera, en cuyo fondo se han depositado los otros terrenos más modernos y que en esta región corresponden al cambriano, siluriano, permiano, triásico y eoceno. Todos ellos, menos el siluriano, pudieron verse en el recorrido por la faja costera hasta llegar a la gran sierra jurásica, eje de la Península Norte-Marroquí, de la cual el mogote de Benzú puede considerarse como un monolito desgajado de ella.

El recorrido de ida y vuelta se hizo en un tren especial, puesto galantemente por la Junta de Obras del Puerto de Ceuta.

Por la tarde, a las diez y seis, y también en tren especial, se efectuó el viaje a Tetuán, donde se llegó a las diez y siete. El recibimiento en aquella plaza fué en extremo afectuoso, habiéndose congregado en la estación todas las autoridades civiles, militares y árabes, a la cabeza de las cuales figuraba el Delegado general de España en la Alta Comisaría.

El resto de la tarde de este día se dejó libre para que los Congresistas pudieran visitar la ciudad.

A las veintiuna tuvo lugar en la Alta Comisaría el banquete, seguido de baile, con que el Alto Comisario español, representado por el Delegado general, obsequió a los Congresistas. El banquete fué de noventa cubiertos, y asistieron, además de todas las personalidades de relieve de la ciudad, un buen grupo de moros notables con el Gobierno en pleno de S. A. I. el Jalifa.

Mayo, 15. Se efectuó por la mañana la ascensión al pico de Gorgues, uno de los puntos más elevados del macizo calcáreo de la Sierra de Beni Hosmar, al Sur de

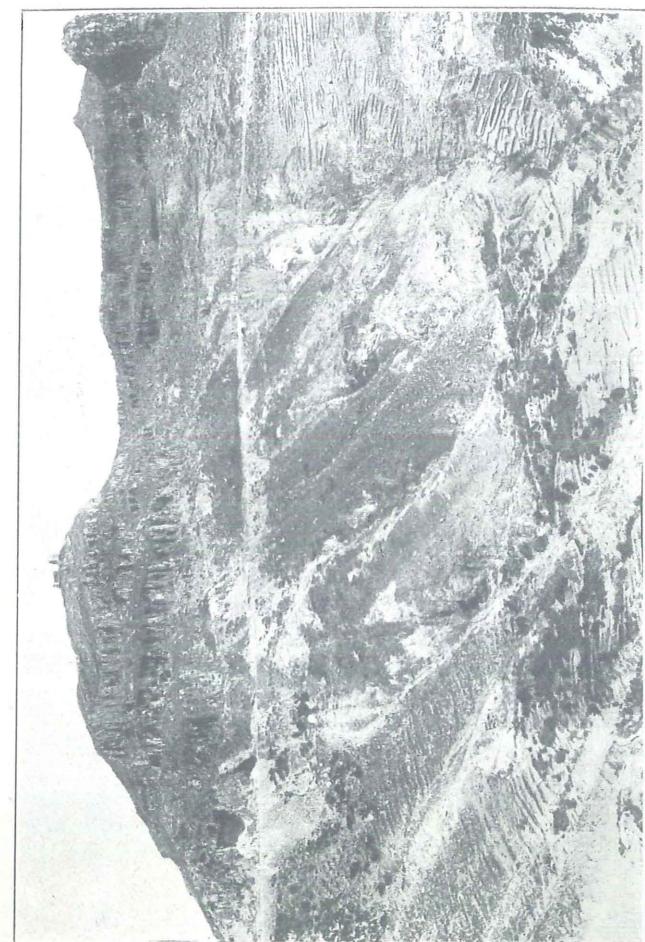
Tetuán. Después de cruzar el valle cuaternario del Río Martín, y pasada una zona de suave pendiente en el flysch eoceno, la ascensión continúa por un camino en abrupta rampa, abierto entre los grandes mura-llones de caliza jurásica que forman el barranco de Mers.

En lo más alto (800 metros) aun se conserva una pequeñísima mancha eocena, que la erosión ha respetado, de pocos metros de extensión, cuajada de nummulitos. En el trayecto también pueden observarse algunas análogas, de más reducidas dimensiones aún.

Desde las alturas se divisa un magnífico panorama, que por el Noreste llega, pasado Ceuta y el Estrecho, hasta Gibraltar, y las cumbres más altas de la costa española. Por la tarde de este día los Congresistas fueron obsequiados con una típica fiesta por la Sociedad Hípica de Tetuán en los terrenos de esta Sociedad, donde vieron correr la pólvora a los indígenas.

Por la noche se celebró la gran comida a la usanza mora con que el Gobierno del Jalifa les obsequiaba. El agasajo fué espléndido, y su ambiente y características no serán olvidados fácilmente por los que tuvieron la suerte de asistir.

Mayo, 16. Se efectuó por la mañana una excursión geológica hasta Laucién, camino del Fondak de Ain Yedida, con objeto de visitar el único testigo que resta del mioceno en esta parte de la zona. Lo constituyen unos bancos alternantes de areniscas, molasas y arenas sueltas, correspondientes al helvético, y que se apoyan en discordancia sobre el flysch eoceno. Después se cruzó al otro lado de Tetuán, al pie de



Pico de Taquigráit. — La caldera de Barraca.

la antigua torre de Kalali, para visitar las únicas canteras jurásicas de la zona, donde se presentan fósiles en abundancia y que corresponden al tramo toarcieno del lías superior. En el camino se cortaron las formaciones pliocena y tobácea cuaternaria, sobre la que se asienta la ciudad.

A primera hora de la tarde se emprendió el regreso a Ceuta para embarcar en el vapor especial *Lázaro*, de la Compañía Transmediterránea, que zarpó a las veinte con rumbo a Melilla, en cuyo puerto eran esperados por los Ingenieros del Instituto, señores Del Valle y Fernández Iruegas, y por los Ingenieros Sres. Gómez Jordana, Recondo, Conde, Suárez y Ponte, que tienen su residencia en este punto. Su primer acto al desembarcar fué dirigir un expresivo telegrama al Monarca español, haciendo votos por la felicidad de su Augusta Familia y por la prosperidad de España, cursando otro al Alto Comisario, expresando su reconocimiento por las atenciones de que han sido objeto durante su estancia en Tetuán.

Momentos después, y previo ligero almuerzo, salieron en caravana automovilista para Tres Forcas, deteniéndose a observar el macizo eruptivo y un yacimiento muy rico en fósiles del helvético, del que trajeron numerosos ejemplares, regresando sumamente satisfechos de la excursión.

Al amanecer del 18, también en automóvil, subieron por la carretera del Gurugú, haciendo un recorrido precioso, tanto desde el punto de vista turístico como geológico, con diferentes paradas; reconocieron el sistema eruptivo superpuesto a las margas miocenas, con algunas coladas estratificadas entre los depósitos terciarios, y al llegar a las minas del

Uixan estudiaron con detalle las calizas y pizarras jurásicas en relación con el criadero y las coladas andesíticas, quedando asombrados de la importancia del criadero por cantidad y calidad. La Compañía Española de Minas del Rif, representada por los Ingenieros Del Valle, Gómez Jordana, Conde y Olaso, ofreció un espléndido almuerzo, que fué servido en el patio del fuerte de San Jerónimo, materialmente cubierto de flores y ramaje. No vacilamos en afirmar que todos los excursionistas conservan un recuerdo inolvidable de aquel almuerzo, terminado el cual, el Sr. Del Valle, en su calidad de Consejero, saludó a los ilustres huéspedes, a quienes rogó difundan por sus respectivos países la labor de España en estos territorios. Contestó el representante de los Estados Unidos, Sr. Leith, agradeciendo la atención de la Compañía y elogiando la forma admirable en que se realizan las excusiones; en términos análogos se expresó el Sr. Metianu, de Rumania, y el Sr. Swidersky, de Polonia, quien brindó por las damas Congresistas, a las que los caballeros españoles han colmado de flores.

Acompañados por el Ingeniero Director, Sr. Recondo, se dedicó la mañana del 20 a la visita de las minas de la Sociedad «Setolazar», recorriendo diferentes canteras, de las que retiraron diversas muestras de mineral y rocas eruptivas, regresando a Melilla para asistir al banquete con que les obsequiaba la Junta de Arbitrios, que, en ausencia del General García Aldave, fué presidido por el Coronel Morelló, el cual manifestó el alto honor que ha correspondido a Melilla al albergar a huéspedes tan ilustres. «Nunca — dijo — con mayor oportunidad vuestra



Uixan. — Dique de porfírita.

presencia en estas tierras; nadie mejor que vosotros puede apreciar lo ingrato de nuestra labor preparatoria, felizmente tocando a su fin; al sentimiento de veros marchar uno nuestro saludo de despedida, rindiendo el mayor culto al respeto y admiración hacia esas ilustres damas que nos demuestran, ostentando tan altas representaciones, el valor sin límites de la mujer. A todos ruego llevéis a vuestra nación el saludo cordial, sincero y cariñoso de este puñado de españoles, como prueba de su admiración y afecto.»

El Sr. Del Valle, en nombre de los Congresistas, dió las gracias a la ciudad de Melilla por las atenciones recibidas, dicho lo cual se sentaba porque otros señores querían expresar también su gratitud. El Sr. William J. Sollas (Inglaterra) dijo que lo mismo en Melilla que en las otras ciudades de España ha recogido dos impresiones: la cariñosa acogida dispensada y el adelanto cultural del país, impresiones que se complacerá en hacer saber a sus compatriotas. El Sr. Hennig (Alemania) expresó su admiración por las manifestaciones industriales que ha visto en este territorio. El delegado de Goettingen, Sr. Hans Stille, manifestó el sentimiento que para ellos era abandonar este país, en el que han vivido días inolvidables, expresando su agradecimiento immense a los colegas españoles que tan finamente les han guiado en el estudio de la geología del territorio recorrido, como también a las autoridades todas y ciudad de Melilla, teniendo mucho gusto al manifestárselo a su digno Presidente, que tan amablemente les acogió, y expresaba asimismo sus vehementes deseos de que la paz que se vislumbra sea pronto un hecho, cesando los sacrificios realizados por los

españoles por el ideal de cultura y civilización que les trajo a estas tierras. El Sr. Gaytán de Ayala dijo, que si hace unos días tuvo ocasión, como Jefe de Minas, de darles la bienvenida, ahora, al decirles adiós, anhelaba que cada uno de ellos conservase un recuerdo agradable de los días aquí pasados, y esperaba que al regresar a sus casas tendrían ocasión de hacernos justicia refiriendo sus propias impresiones sobre la España que han conocido.

A continuación se levantó el Director de las Minas de Montagans (Argelia), Sr. Duny, para elogiar la labor del Instituto, haciendo resaltar la desarrollada por el Sr. Valle, que fué—así como él—de los primeros en estudiar la geología de Marruecos. Numerosos aplausos acogieron las palabras dedicadas al Sr. Valle, que dicho sea en honor de la verdad, son merecidísimas, pues desde 1908, en que estuvo conviviendo con el Roghi hasta hoy, viene trabajando con una tenacidad e inteligencia que corren parejas con su gran modestia y realizando una labor meritoria desde el punto de vista geológico.

Terminado el acto, una Comisión de Congresistas, queriendo rendir un tributo de piedad, marchó a Monte Arruit para depositar una corona de flores en la tumba de los mártires del año 21. A las ocho de la tarde embarcaron los congresistas en el *Lázaro* para Málaga, Sevilla y Madrid.

EXCURSIÓN A-3

Linares - Huelva

Tomaron parte los siguientes Congresistas:

H. Fritz Herbert Alma (Austria), H. Hans Arlt (Alemania), Mr. H. Foster Bain (E. U. N. A.), Mr. y Mrs. Alan H. Bate-man (E. U. N. A.), M. Leon H. Borgstroin y Mme. Borgstroin (Finlandia), Mr. Karl Gustaf Brunnberg (Suecia), M. Henri J. F. Buttgenbach (Bélgica), Mr. Per August Harald Carlborg (Suecia), M. Pierre Despujols (Francia), Mr. y Mrs. Henry Gardner Ferguson (E. U. N. A.), M. Paul F. J. Fourmarier (Bélgica), Mr. Axel Gavelin (Suecia), Mr. Per Geijer (Suecia), Mr. George W. Grabham (Sudán), Mr. John Walter Gregory y Miss Ursula John Gregory (Inglaterra), Mr. Arthur Lewis Hall (Inglaterra), Mr. y Mrs. D. F. Hewett (E. U. N. A.), Mr. y Mrs. James Furman Kemp (E. U. N. A.), M. Radim Kettner (Checoeslovaquia), H. Rudolf Krahmann (Alemania), H. Paul Kükük (Alemania), M. Honoré Felix Lantenois (Francia), M. Michel P. R. Legraye (Bélgica), Mr. John G. Lind (E. U. N. A.), Mr. Herbert Brantwood Maufe (Inglaterra), M. Jules Maury (Francia), Mr. Yoshichika Oinouye (Japón), H. Heinz Psotta (Alemania), Mr. Terence Thomas Quirke (E. U. N. A.), M. Emile Richet (Congo Belga), Mr. y Mrs. Thomas Arthur Rickard (E. U. N. A.), D. Remigio Rigal (Argentina), Mr. Joseph T. Singewald (E. U. N. A.), D. José María Sobral (Argentina),

H. Richard Stappenbeck (Alemania), Mr. Mathews Van Sicken (E. U. N. A.), M. Barthélemy Plotton Villemagne (Francia), Mr. Thomas Leonard Walker (Canadá), H. Ludwig Wolff (Alemania), Mr. y Mrs. Charles W. Wright (Italia), Mr. Louis A. Wright (E. U. N. A.).

Fueron directores de la excursión: Excmo. Sr. D. César Rubio, Presidente del XIV Congreso Geológico Internacional, Inspector General de Minas, ex Director del Instituto Geológico de España; D. Juan Hereza, Ingeniero Jefe de Minas, y D. Alfonso de Alvarado, Ingeniero de Minas del Instituto Geológico de España.

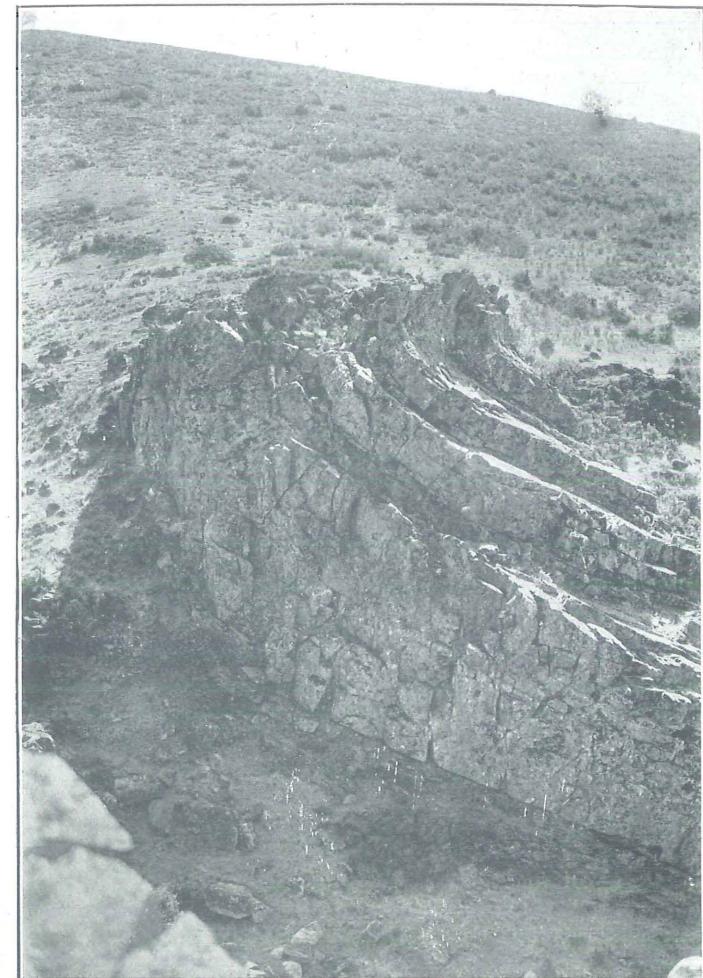
El programa anunciado para esta excursión se desarrolló puntualmente, salvo dos ligeras modificaciones:

1.^a Empleo de un tren especial de coches-camas para alojamiento en Linares y viaje a Sevilla; y

2.^a Inversión de las fechas para visita a La Rábida y minas de Tharsis.

La partida de Madrid tuvo lugar, según lo proyectado, a las diez de la mañana, en el tren rápido de Andalucía, llegando a la estación de Baeza a las cuatro y veinte de la tarde. Tuvieron el honor los Congresistas de ser recibidos por las autoridades de Linares, y marcharon a dicha ciudad, donde sólo se detuvieron unos minutos, para empezar seguidamente el recorrido de orientación a través del campo filoniano, en que fueron acompañados por el Ingeniero del Distrito minero de Jaén don J. L. Calleja, muy conocedor de la región.

Durante la tarde de la primera jornada visitaron especialmente el borde de La Laguna, estudiando el espesor y composición petrográfica del terreno werfeniense de la meseta de Linares. Se observó con atención la dirección general e inflexio-



Cuarcitas silurianas al Noroeste de La Carolina.

nes del sistema principal de filones, y, por último, en las minas «Calvario», «Cristo del Valle» y «Mejicana», se estudiaron los filones diagonales, de escasa importancia, que cortan el trías, así como las zonas de contacto entre el granito y las pizarras paleozoicas.

Al regresar a la ciudad los excursionistas fueron obsequiados en la Casa Ayuntamiento con un vino de honor, ofrecido por el Sr. Alcalde, D. Carlos Gómez, con asistencia del Sr. Delegado Gubernativo, Coronel D. J. Mañas, y demás autoridades. Este agasajo fué muy agradecido por los Congresistas, cambiándose expresivos brindis.

El día 14 de mayo tuvo lugar, siguiendo el programa anunciado con toda puntualidad, la visita a las minas «Los Guindos» y «La Rosa».

Se hizo el viaje de ida y vuelta a La Carolina, así como el recorrido en la sierra, utilizando 15 automóviles de turismo, sin el menor incidente y favorecidos por tiempo espléndido. La partida de Linares tuvo lugar a la hora fijada; en el camino se hicieron varias paradas para observar las diversas formaciones geológicas atravesadas, y fué considerado muy interesante el panorama del cerro de Santa María, desde donde se divisa el conjunto del campo filoniano.

A las nueve y treinta llegaron al cerro «El Guindo», donde fueron recibidos por los Ingenieros Sres. F. Roemer y L. G. Lomas, y seguidamente se dividieron los excursionistas en tres grupos, reunidos por idiomas: inglés, alemán y francés. Cada uno de estos grupos, de doce a quince personas, dirigido por un ingeniero y dos jefes mineros, realizó un pequeño recorrido por las zonas más interesantes de la superficie y una visita a los trabajos subterráneos del sector La Manzana.

En el piso 15 E., a 460 metros de profundidad referida a la boca de pozo número 2 (que corresponde a 540 metros de profundidad referida a la boca del pozo núm. 1), visitaron varias

galerías y transversales que permiten formar clara idea acerca de las rocas de la caja y características del filón. Por último, recorrieron el tajo de arranque ascendente, situado entre los 95 y 415 metros al Este del transversal, donde se presenta netamente la estructura fajeada del filón, con notables metalizaciones en la mitad de su longitud.

Terminada la interesante visita, demasiado rápida por exigencias del programa, se reunieron todos los excursionistas en la antigua Central Eléctrica de reserva, donde se sirvió el almuerzo ofrecido por la Sociedad Los Guindos. Asistieron a esta alegre comida, no sólo los 52 excursionistas, sino también varios Ingenieros de Minas del distrito y todo el alto personal de Los Guindos, que rivalizó en amabilidad para atendernos. Al final, el Presidente, Excmo. Sr. D. César Rubio, dió las gracias en nombre de todos al Sr. F. Roemer, Ingeniero-Gerente, por la espléndida y cordial acogida y por haber proporcionado una visita de tan gran interés científico industrial.

Entre todos los concurrentes reinó en este acto y a partir de él un sincero espíritu de cordial amistad y camaradería científica, que fué nota característica de toda esta excursión.

A las cuatro de la tarde se emprendió la marcha para visitar el yacimiento de «La Rosa», donde llegamos a las cuatro y cuarenta y cinco, después de recorrer una pintoresca región montañosa.

Para la visita subterránea se adoptó la misma división en tres grupos (por idiomas: inglés, alemán y francés), dedicando especial atención a la masa metalizada del nivel sexto del pozo San Juan, a 240 metros de profundidad. Todos los excursionistas mostraron vivo interés por el hermoso yacimiento, y, tras alguna discusión referente a su génesis, iniciada por ilustres Geólogos norteamericanos e ingleses, se llegó a aceptar unánimemente la tesis (apuntada por D. A. de Alvarado en el libro guía) de sustitución metasomática de las cuarcitas por el

cuarzo y galena, como resultado del ataque de la roca de la caja por las aguas mineralizadoras ascendentes, ricas en sílice, sulfuros alcalinos y sulfuro de plomo. Sólo se encuentra en esta mina un delgado banco de caliza y la calcita es rara en el yacimiento.

Al salir a la superficie se les obsequió con un té y refresco, ofrecido por el Ingeniero principal, M. C. Marignac, en nombre de la Sociedad de Peñarroya, del que hizo los honores con exquisita amabilidad Mme. C. Marignac, acompañada por otras distinguidas damas francesas. Momentos después se emprendió el regreso a Linares, adonde llegaron al anochecer.

La tercera jornada, 15 de mayo, fué dedicada por algunos de los excursionistas para visitar, bajo la dirección del señor Rubio, las minas de El Centenillo, al Noroeste de La Carolina, cuyo campo de fracturas fué examinado detenidamente. Los visitantes fueron muy amistosamente atendidos por el alto personal de las minas.

Entretanto, la mayoría de los excursionistas realizaron por la mañana su anunciada visita a las instalaciones exteriores y labores subterráneas del gran filón de Arrayanes. Acompañaron a los ilustres Geólogos, divididos, como usualmente, en tres grupos, los Ingenieros de Minas Sres. E. Centeno, De Alvarado y J. Corral, con varios jefes mineros; la impresión obtenida fué excelente, creyendo verosímil los sabios visitantes la tesis sostenida desde el Congreso de Bruselas, por De Alvarado, respecto a probable prolongación en profundidad de las columnas metalizadas.

Al mediodía tuvo lugar el banquete ofrecido a los Geólogos por el Consejo de Administración de Arrayanes, honrado por la presencia de las autoridades de Linares, y en que se pronunciaron efusivos brindis por el Inspector general de Minas, D. A. Sempáu, y por algunos de los visitantes, agradeciendo la amistosa y efusiva acogida.

Por la tarde tuvo lugar una rápida visita a la fundición de la Compañía La Cruz, realizada por parte de los excursionistas, quienes fueron amablemente acompañados y obsequiados por MM. Bechard, Lestable y otros Ingenieros de la Sociedad.

A media noche partieron para Sevilla y Huelva, en tren especial hasta Sevilla, donde se detuvieron una hora, continuando luego el viaje en el expreso para llegar a Huelva a la una de la tarde. Después del almuerzo en el hotel, la tarde del día 16, domingo, quedó libre para descanso y visita de la ciudad.

La quinta jornada, día 11, fué consagrada exclusivamente a la visita de las minas de Río Tinto, partiendo en tren especial minutos antes de las siete de la mañana, para llegar a la estación de Naya tres horas después.

Se recorrieron las cortas «Sur», «San Dionisio» y un piso de la contramina, todo lo cual inspiró la más viva atención a los visitantes, que recogieron numerosas muestras de minerales y rocas.

Tras una intensa aunque rápida observación de los bordes de las colosales masas y de escuchar atentamente las explicaciones del Sr. Hereza, varios de los Geólogos visitantes expusieron opuestas ideas respecto a génesis de las masas de sulfuros, y se inició una amplia amistosa discusión, en que intervinieron los ilustres profesores J. F. Kemp, J. W. Gregory, P. F. J. Fourmarier, A. M. Bateman, J. F. Singewald y otros, partidarios convencidos de la teoría del *metasomatic replacement*, quedando convenido que la nueva brillante teoría ígnea del Sr. Hereza sería objeto, en Madrid, de amplia discusión.

A las dos de la tarde tuvo lugar la comida ofrecida por la Compañía de Río Tinto, en la que amablemente hicieron los honores el Director, Mr. W. Browning; el Subdirector, Mr. P. Couldray, y otros Jefes de la Compañía minera. Tras un ligero descanso se prosiguió por la tarde la visita superficial



Riotinto. — Corte de San Dionisio.

de los yacimientos e instalaciones de fundición, cementación, etcétera, emprendiéndose a las seis y cuarto de la tarde el regreso a Huelva, adonde se llegó sin novedad a la hora fijada, muy complacidos todos por la interesante jornada.

El sexto día fué dedicado, por la mañana, a recorrer los alrededores de la ciudad y visitar la Escuela de Ayudantes de Minas. Los visitantes fueron recibidos y obsequiados por los Ingenieros profesores, quienes, secundados por los Ingenieros de la Jefatura de Minas, les acompañaron también en las excursiones geológicas, prestando valiosísima cooperación para el estudio de los yacimientos.

Por la tarde tuvo lugar el paseo marítimo por la ría, muelles y boca del puerto, en remolcador ofrecido por la Junta del Puerto, a la que muy amablemente representó el Ingeniero Sr. D. José Albelda. Terminó la excursión de aquella tarde con la visita al histórico convento de La Rábida, muy grata a todos los Congresistas por su glorioso significado y que despertó vivísima emoción entre argentinos, norteamericanos y españoles.

En la jornada del 19 tuvo lugar la excursión a las minas de Tharsis, «La Zarza» y «Perrunal», partiendo del Puntal de la Cruz, a las seis de la mañana, en tren especial, para regresar a las ocho y media de la tarde.

Tanto el viaje de ida como el regreso y parte de la visita minera la hicieron reunidos todos los excursionistas, que se fraccionaron en dos grupos para otra parte de la visita, dedicando unos preferente atención a labores subterráneas, mientras que otros reconocían más detenidamente los afloramientos y bordes de las masas de sulfuros.

Una mitad de los visitantes fué cordialmente acogida por los Ingenieros Sres. Th. Hard y C. Pizarro, quienes, en nombre de la Compañía de Tharsis, les ofrecieron un bien servido almuerzo. Con igual cordialidad y esplendidez fueron simultá-

neamente obsequiados los restantes excursionistas por los Ingenieros Sres. F. Vignon y García Velázquez, en nombre de la Compagnie Française de Pyrites, propietaria de «El Perrunal».

Se hicieron múltiples observaciones respecto a génesis de las piritas, comprobando la existencia de pizarras carbonosas en el borde de las masas y de los jaspes manganesíferos en la parte alta de los afloramientos. Estos hechos, citados en apoyo de la nueva teoría ignea, en nada quebrantaron la convicción de los partidarios de la sustitución metasomática.

Durante la octava jornada se realizó, según proyectado, la travesía de Huelva a Sevilla en automóvil, 210 kilómetros, cruzando parte del distrito minero y la Sierra de Aracena.

Partieron de Huelva con una hora de retraso, y la expedición fué sensiblemente contrariada por el mal tiempo, nublado y lluvioso, que contrastaba con los anteriores días de sol y agradable fresco.

A pesar de ello, los excursionistas observaron con gran interés la serie de formaciones sedimentarias, pliocena, diluvial, carbonífera y siluriana, así como las masas eruptivas de diabasa y porfiritas diabásicas, cuya situación y caracteres tan exacta y claramente se consignan por el Sr. Hereza en el libro guía. Especial atención merecieron las grandes alineaciones paralelas de jaspes manganesíferos y menas de manganeso.

Llegaron a Aracena con algún retraso, y tras breve detención para almorzar y visitar la gruta, continuaron el viaje a Sevilla con mejor tiempo, que, a pesar de la rapidez de la marcha, permitió admirar los pintorescos paisajes de aquellas sierras estratocristalinas, cubiertas por espléndido arbolado. Ganado el retraso por la rápida marcha de los automóviles, entraron antes de anochecer en el gran valle del Guadalquivir y llegaron a Sevilla. Los excursionistas quedaron confortablemente alojados en diversos hoteles, donde encontraron otros numerosísimos Geólogos procedentes de las excursiones a



Monasterio de La Rábida.—Grupo de expedicionarios.

Córdoba, Canarias y Marruecos. Por la noche fueron observados con una recepción y baile en el Círculo de Labradores.

Al día siguiente, todos los expedicionarios asistieron a la recepción del Ayuntamiento, visita a los monumentos de la ciudad, Exposición Ibero-Americana, jira fluvial por el Guadalquivir, con merienda a bordo, galantemente ofrecida por el excelentísimo Ayuntamiento de Sevilla, y otros festejos.

Por último, el 22 de mayo, décima y última jornada de esta excursión, los Geólogos pertenecientes a la A-3 y otras tres expediciones ya citadas, emprendieron el regreso minutos antes de las diez de la mañana, en tren rápido especial. Este viaje, organizado con todos los coches reservados para los excursionistas, entre ellos dos restaurantes, permitiendo reunirse numerosos amigos procedentes de todo el mundo, resultó en extremo alegre y agradable, pasando rápidamente el tiempo, para llegar a Madrid a las diez y media de la noche, hora señalada.

EXCURSIÓN A - 4

Estudio tectónico del valle del Guadalquivir

Tomaron parte en la excursión los siguientes señores:

M. Ion Atanasiu (Rumania), Mr. Helge G. Backlund (Suecia), Mr. William B. Scott (E. U. N. A.), Sig. Serafino Cerulli-Irelli (Italia), Mrs. Emily F. Cleland (Inglaterra), Mr. Mohamed Bahgat Chourbagy Bey (Egipto), Mr. y Mrs. Henri Dewey (Inglaterra), M. E. Rodolphe Faribault (Canadá), M. Walery Goetel (Polonia), H. Wilhelm Henke (Alemania), H. Kurt Hucke (Alemania), H. Ernst Krauss (Letonia), M. y Mme. J. Lébacqz (Bélgica), Mlle. Marguérite Lefevre (Bélgica), M. Stanislaw Lencewicz (Polonia), Mr. y Mrs. Henri Ottway Little (Egipto), M. George Macovei y Mme. Catherine Macovei (Rumania), M. Ahmed Malik (Turquía), Mr. Frederick O. Martin (E. U. N. A.), Mrs. Emilia F. Noel (Inglaterra), M. Jan Nowak (Polonia), Mr. J. F. Pannekoek van Rheden (Holanda), M. le Baron Ivan de Radzitsky d'Ostrowick (Bélgica), M. Armand Rénier (Bélgica), Mr. N. V. L. Rybot (Inglaterra), H. W. Salomon Calvi (Alemania), Mr. y Mrs. Hassan Sadek (Egipto), D. Gonzalo Vivar (Méjico), H. Fritz Weg (Alemania), Mr. Bryce Kerr Nairn Wyllie (Inglaterra).

Fué Director de la excursión D. Antonio Carbonell, Ingeniero de Minas.

La excursión se ha realizado con arreglo al plan señalado previamente en la segunda circular del Congreso, apareciendo detallados los factores que se iban a examinar en la guía de la citada excursión A-4, «La línea tectónica del Guadalquivir», de la que es autor el Ingeniero de Minas D. A. Carbonell T. F.

El detalle o crónica de la excursión es el siguiente:

Mayo, 16. Los excursionistas de la A-4 salen de Madrid en el tren rápido de Andalucía, a las diez de la mañana. En el viaje pueden estudiar las modificaciones geológicas, a causa de la topografía que queda patente en esta parte del suelo hispano; para ello se les repartió en Madrid la Guía Geológica del itinerario en ferrocarril Madrid-Sevilla, de la que son autores los Ingenieros de Minas D. Enrique Dupuy de Lôme y D. Pedro de Novo.

Les acompañó en esta parte del itinerario el Ayudante Facultativo de Minas del Instituto Geológico de España D. Ramón Pellico.

La llegada a Córdoba tuvo lugar a la hora fijada, siete de la tarde, esperándoles en la estación el Ingeniero de Minas, director de la excursión, D. A. Carbonell T. F.; una representación del Ayuntamiento de Córdoba, constituida por los Sres. Bellido, Gutiérrez y Serrano; el Sr. Vázquez Aroca, en representación de la Real Academia de Ciencias de Córdoba; D. José Carbonell, en representación de la Cámara Oficial Minera de Córdoba; D. Luis Ornilla y D. Benito Sánchez Ibarguen, Ingenieros de Minas, en representación de la Jefatura de Minas de Córdoba; D. Rafael Castejón y Martínez de Arizala, representando a la Comisión de Monumentos de Córdoba y a la Junta de las Excavaciones de Medina Azahara; D. Antonio Gil

Muñiz, que ostentaba la representación de los principales Centros docentes de la población; a quienes acompañaban otras distinguidas personalidades, así como representantes de la prensa local, de la prensa de Madrid, Barcelona y Sevilla, y de la prensa gráfica española.

Hechas por el Sr. Carbonell las presentaciones de rigor, recibida la bienvenida en nombre de la ciudad, marcharon los excursionistas al Hotel Regina, donde se hospedaron durante su permanencia en Córdoba.

Allí encontraron nuevos compañeros que, procedentes de Gibraltar, Málaga y Sevilla, por donde habían hecho el arribo a España, se agregaron a los que procedían de Madrid.

A las diez de la noche tuvo lugar la recepción de los Congresistas en el local de la Real Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes. A su llegada a éste fueron obsequiadas las señoras con hermosos ramos de flores. Realizadas las presentaciones, pasaron los Congresistas del Internacional Geológico de Madrid, y los Académicos, al salón de recepciones, donde tomaron asiento en estrados el Excelentísimo Sr. Gobernador civil de la provincia, el Director de la Real Academia, D. Manuel Enríquez Barrios, así como la representación de la Alcaldía.

El Sr. Director de la Academia hace uso de la palabra, manifestando a los excursionistas el placer que tenían los cordobeses, y de una manera especial las entidades culturales de la ciudad, representadas por la Real Academia, en hacerles grata su estancia en la capital del Califato de Occidente. Las autoridades, con su presencia, coparticipan de esos deseos nuestros, sigue diciendo, lo que ha de traducirse en

que podrán desarrollar los sabios que nos visitan su labor en un ambiente preñado de tranquilidad y de afecto, propicio, como ningún otro, para que los frutos de la recolección sean espléndidos. La brillante disertación del Sr. Enríquez terminó en algunas frases dichas en francés, para llegar más cerca, dijo, de los sabios oyentes, y fué objeto de las manifestaciones de entusiasmo que merecía.

Seguidamente, el Sr. Carbonell, en nombre de los excursionistas, pronunció las siguientes palabras:

«Excelentísimos señores, señoritas, señores Académicos, señores Congresistas: Tócame hoy a mí contestar a las palabras afectuosas con que nos distingue el Sr. Presidente de la Real Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes, de Córdoba, ya que por incidencias de la casualidad, no por los méritos propios, aparezco en este momento como el director de los trabajos que la excursión A-4 ha de llevar a efecto en Córdoba y en sus inmediaciones, estudiando el colosal accidente tectónico de la falla del Guadalquivir.

»Es para mí un alto honor, que nunca he de olvidar, el ser intérprete en el instante actual de los sentimientos afectuosos de los sabios extranjeros asistentes a esta excursión y miembros del XIV Congreso Internacional Geológico de Madrid. También lo es el poder ostentar al mismo tiempo el título de numerario de esta antigua Academia cordobesa de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes.

»En nuestro saludo queremos hacer constar que en la Academia de Córdoba, además de sus gloriosos títulos, queremos ver representados a todos los Centros culturales, cualquiera que sea su clase; que si

para nuestra ciudad son la prenda segura de su futuro engrandecimiento, para nosotros, como Géologos, son las amistades esperadas, que barruntamos siempre al aproximarnos a ciudades de tan preclara estirpe como lo es la de Córdoba.

»Estos ilustres investigadores me han dicho que haga llegar a vosotros, señores Académicos, el testimonio de su admiración por la hospitalidad material y espiritual con que les brinda la patria de tanto hombre-cumbre. Yo tengo en ello el regocijo natural al poder hacerlo en la hermosa lengua cervantina.

»A la vez, es éste un momento que aprovechamos con especial deleite para saludar a las autoridades todas, particularmente a la representación de la ciudad en donde vamos a dar comienzo a nuestra tarea científica. Deseamos igualmente, de la autoridad suprema de la provincia, que sea intérprete de nuestros respetos con la del Estado.»

El Sr. Carbonell fué objeto de felicitaciones y aplausos por sus palabras.

Seguidamente, el Excmo. Sr. Gobernador civil de la provincia dió igualmente la bienvenida a los sabios Geólogos de la excursión A-4, teniendo amables frases para las señoritas Congresistas, las que fueron escuchadas con el respeto y complacencia que merecían. Levantóse acto seguido la sesión, y se repartió a los Congresistas un número extraordinario del *Boletín de la Real Academia*, hecho expresamente para este acto, así como un número también editado por la Dirección del Museo Regional Andaluz de Mineralogía con el mismo motivo.

Fueron obsequiados los expedicionarios, y se realizó

el regreso al hospedaje recorriendo algunas calles típicas de la población.

Mayo, 17. A las ocho de la mañana hemos salido del hotel en diferentes automóviles hacia Montoro; las incidencias geológicas de este itinerario se siguen al detalle con la guía de la «Línea tectónica del Guadalquivir». A las nueve y media atravesamos la población de Montoro, muy típica, y continuamos el itinerario a cruzar el río Guadalquivir, y por la carretera de Adamuz, al kilómetro primero de la misma.

En este lugar hacemos parada, y el Sr. Carbonell dió una ligera explicación sintetizando el conjunto geológico que se ofrecía, la cual fué repartida entre los concurrentes, redactada en español, francés, inglés, alemán y esperanto.

Los excursionistas seguidamente encontraron diferentes restos fosilíferos en las pizarras y calizas impuras que se analizaban; particularmente realizó hallazgos interesantes de crinoides el Dr. Salomon Calvi; Mr. Malik halló distintos restos de lamelibranquios, y otro tanto ocurrió al profesor M. Renier. Este estudio era interesante, porque consideradas hasta los recientes estudios de Carbonell estas pizarras como cambrianas, fortalecían tales hallazgos los realizados precedentemente por el citado Geólogo español.

Regresó la excursión por la carretera de Montoro a su estación; en el alto de la cuesta, antes de perder de vista el meandro del Guadalquivir, el Sr. Carbonell dió otra explicación, continuando la expedición hacia El Carpio.

En Pedro Abad proseguimos hacia el salto de la Compañía Mengemor, donde fueron recibidos los

excursionistas por el Director de esta Empresa de electricidad, el Ingeniero Industrial Sr. García Vinuesa. Realizadas las presentaciones, pasaron los expedicionarios a visitar la gran central eléctrica, siendo obsequiados con un folleto ilustrado con numerosas y bellas fotografías y planos, editado exprofeso por la Compañía Mengemor y explicativo de sus instalaciones en el Guadalquivir.

Los expedicionarios visitaron detenidamente esa notable central eléctrica, así como examinaron los estratos del carbonífero sobre los cuales se asienta, recogiendo algunos fósiles la Srta. Lefèvre y los Sres. Henke, Renier y otros.

Fueron obsequiados por la Compañía Mengemor con un vino de honor, al terminar el cual hizo uso de la palabra M. Lébacqz, que agradeció las atenciones que la entidad tenía para la excursión A-4. Sumóse a estas manifestaciones el director de la excursión, señor Carbonell, y, finalmente, el Director de la Compañía Mengemor, Sr. García Vinuesa, tuvo frases de suma cortesía para los excursionistas. Todos los oradores fueron muy aplaudidos.

Reorganizada la comitiva, pasaron a estudiar la gran presa del Alcurrucén y asimismo las formaciones geológicas que se hallan en los estribos de aquélla, observándose las doleritas del Oeste y las cuarcitas del Este, en las cuales, como estaba previsto, se hallaron diferentes restos vegetales del carbonífero.

Reanudada la marcha, fueron los expedicionarios a Alcolea, donde durante el almuerzo allá celebrado reinó una franca camaradería.

Terminado éste se reanudó la marcha por la carretera del Pantano del Guadalmellato, en la cual

se hizo la parada fijada en el llamado Puente Mocho, separación del camino de Villafranca, lugar en el cual el Sr. Carbonell dió una explicación acerca de la discordancia que se observaba entre los depósitos del carbonífero y los del mioceno, ambos fosilíferos.

Los expedicionarios pudieron tomar numerosos ejemplares fosilíferos de las rocas pertenecientes a ambos sistemas, y además otros de las calizas oolíticas del carbonífero. Entre ellos merecen citarse los que recogieron los Sres. Hassan Sadek y Ottway Little, que recuerdan el carácter análogo de las calizas oolíticas del carbonífero en Inglaterra.

Continúose la expedición, y en el sifón que se ha construído sobre el río Guadalmellato para dar paso a las aguas del canal de riegos, se hizo una nueva parada, cuya finalidad era seguir de cerca las plegaduras interesantísimas del carbonífero. Allá, el Sr. Renier halló un calamites y otros fósiles que definian el lugar cronológico en que se hallaban.

Finalmente, en el pantano principal, los excursionistas pudieron observar el interesante dique hipogénico sobre el que se construye la presa, viéndose tránsitos magmáticos interesantes. También fueron aquí obsequiados con un vino de honor, haciendo al final del mismo uso de la palabra los Sres. Vivar y Carbonell, en nombre de los excursionistas, que significaron las gracias por las atenciones recibidas, a los que contestó el Ingeniero de las obras, Sr. Rodríguez Díaz, significando, en nombre de la dirección del Pantano del Guadalmellato, el gusto con el cual habían recibido la visita de tanta relevante personalidad. A continuación se emprendió el regreso a Córdoba.

Por la noche, después de la cena, los excursionis-



Carretera de Almadén. — Bancos de cuarcitas y de areniscas silicificadas, del carbonífero.

tas fueron obsequiados en el Hotel Regina con un concierto organizado por la Cámara Oficial Minera de Córdoba, en su honor. En dicho concierto se ejecutaron por la orquesta y coros del Centro Filarmónico de Eduardo Lucena, distintas composiciones de autores andaluces. El obsequio de la Cámara Oficial Minera fué muy agradecido por los expedicionarios y objeto de generales elogios, significados al Vicepresidente de esa institución oficial, Sr. Carbonell, y a otros elementos de la misma que le acompañaban.

Mayo, 18. A las ocho de la mañana salieron los expedicionarios del Hotel Regina hacia la carretera de Almadén.

Fueron recogidos fósiles del mioceno y del carbonífero en el kilómetro tres y en el dos de la citada carretera. Diferentes excursionistas emitieron sus opiniones acerca de la clasificación de esos estratos carboníferos, llevándolos hacia el carbonífero medio. Estando conforme con la idea del Sr. Carbonell de precisarse más elementos de juicio para concretar este punto.

Los expedicionarios siguieron hacia la carretera de Villaviciosa, donde, pasado el lagar de la Cruz, el Sr. Carbonell dió algunas noticias acerca de los testigos de los conglomerados del triásico que allá asoman. Los Sres. Backlund y Malik recogieron en ese lugar distintas muestras de pórfidos, granofiros con la orthosa siempre predominante y pórfido granulítico.

Se continuó el itinerario hasta el kilómetro 15 de la expresada carretera, para observar detenidamente el contacto del granito y del sedimentario, donde se

recogieron interesantes ejemplares de estas rocas y se hicieron curiosas observaciones por los excursionistas; particularmente citaremos las de los Sres. Atanasiu, Salomón Calvi, Dewey y Goetel.

Iniciado el regreso se hizo una parada extraordinaria, a ruego de los excursionistas, en el lugar llamado Los Arenales, donde el Sr. Carbonell dió algunas noticias acerca de la extensión de aquella formación hipogénica. Diferentes antecedentes sobre el asunto fueron expuestos por Mlle. Lefèvre, madame Macovei y por los Sres. Macovei, Nowak y el Barón Radzitsky d'Ostrowick.

También, como consecuencia, se visitaron las minas de magnetita de La Matriz, donde el Sr. Carbonell mostró la presencia de bancos de granatita, y en cuyo lugar los Sres. Renier, Faribault y otros recogieron ejemplares de la variedad espesartina.

Continuando el itinerario prefijado, marcharon los excursionistas al lugar de Lo Pardo, donde tuvo lugar el almuerzo, en esta finca, galantemente cedida al efecto por su propietario, D. José Zurbano Miranda.

Terminado éste, se inició la marcha hacia las Ermitas, haciendo, como estaba previsto, una notable colección de archaeocyathidos, particularmente por los Sres. Henke, Faribault, Sadek y otros. La visita al eremitorio de Nuestra Señora de Belén fué sumamente curiosa para los expedicionarios, así como la realizada al llamado Sillón del Obispo, desde donde el esplendoroso paisaje andaluz aparecía en su conjunto.

El descenso hacia la carretera de las Ermitas tuvo lugar por la Cuesta de los Pobres, donde pudieron hallar los excursionistas numerosos ejemplares de

archaeocyathidos, y después recoger variadas muestras de rocas hipogénicas que afloran en el recorrido hacia la Arruzafa.

Siguió la excursión por la terraza triásica, a la que se superponen bancos del mioceno que sirven de asiento a la Huerta de Melero, donde fueron objeto de atenciones y obsequios por su propietaria, la señora D.^a María Jesús Golmayo. Estos obsequios fueron muy agradecidos por los excursionistas, haciendo uso de la palabra, en nombre de ellos, el Sr. Renier, y el Sr. Carbonell, en nombre de la propietaria de la finca, agradeció la deferencia.

Siguieron los excursionistas a la Huerta de los Arcos por la terraza del helvético, y después de admirar las maravillosas vistas que desde allá se descubren, tomaron los automóviles en este lugar, trasladándose a la terraza miocena del Cañito de Bazán.

Se recogieron en este sitio abundantes fósiles, sobre los cuales emitieron opiniones los presentes, y seguidamente se continuó hacia Córdoba.

A las ocho de la noche fueron recibidos los expedicionarios en el Círculo de la Amistad por la Junta directiva de esta Sociedad, que presidía el Ingeniero D. Antonio Ortiz Molina. Admiraron el espléndido local, los cuadros del Gran Salón, y seguidamente fueron obsequiados con un vino de honor, al finalizar el cual, el Sr. Goetel, en nombre de los Congresistas, agradeció aquella atención, haciendo votos por la prosperidad de la entidad y manifestando el agradecimiento de todos por las atenciones recibidas. El Sr. Ortiz Molina, en nombre de la Sociedad, agradeció las frases del representante de los expedicionarios e hizo protestas por el éxito de la excursión.

Mayo, 19. Los excursionistas han dedicado la mañana al examen de los Museos y monumentos de Córdoba. En el Museo de Arqueología fueron recibidos por el Director, D. Samuel de los Santos, que atendió a aquellos y les dió numerosas explicaciones sobre el particular. Otras fueron dadas por el Sr. Carbonell en la vitrina destinada a los restos del *Homo fossiliss cordubensis* y a los materiales prehistóricos de Alcolea.

Seguidamente pasaron a la Mezquita - Catedral, donde se auxiliaron, como durante todo este día, de la *Guía Artística de Córdoba*, editada expresamente para este Congreso. El Sr. Castejón y Martínez de Arizala explicó el maravilloso recinto.

Finalmente fueron al Museo de Pinturas, donde les recibió el Director, Sr. Romero de Torres, que les dió explicaciones acerca de los notables lienzos que en el mismo se conservan; y quien les mostró seguidamente las dos obras maestras de su hermano, Julio Romero de Torres, *La Samaritana* y *El entierro de Santa Inés*, que fueron admiradas por los ilustres visitantes.

En automóviles, dispuestos al efecto, fueron llevados los excursionistas a las bodegas que poseen en Córdoba los Sres. Carbonell y Compañía de vinos de Los Moriles, célebre zona de los viñedos de Montilla. Los Congresistas fueron allá espléndidamente observados, y en nombre de ellos, el Sr. Lébacqz, tuvo elocuentes frases de agradecimiento, a las que contestó el Sr. Carbonell con otras no menos sentidas.

El almuerzo tuvo lugar este día en el Hotel Regina, y por la tarde, con arreglo a lo previsto, se realizó la excursión a la carretera de Santa María de Trassie-

rra, durante la cual el Sr. Carbonell dió las explicaciones que se consignan a continuación. Una parada tuvo lugar ante el testigo de calizas miocenas, fuertemente buzantes al Sur, sobre las cuales se eleva el Castillo de la Albaida; otra, en las labores antiguas por cobre que existen en las inmediaciones de la llamada Casilla del Cobre, donde pudieron tomar ejemplares de aquella mena, haciendo algunas observaciones por el Sr. Macovei. También allá el Sr. Carbonell enseñó las viejas canteras de andesitas basálticas, sitas en las cercanías. Por último, en la fuente del Balcón del Mundo pudieron observarse estas rocas hipogénicas, y juntamente, los depósitos en terrazas de los conglomerados triásicos.

Desde allá, por el asomo de la serie hipogénica, se continuó a pie el itinerario hacia el monasterio de los Jerónimos de Valparaíso, observándose ya las distintas formas litológicas de la colada, ya el maravilloso espectáculo de la constitución de Andalucía, que desde las alturas del cerro de la Novia aparecía claramente determinada por los tres elementos geográficos integrantes: Sierra Morena, Campiña y Cordillera Bética.

La visita al monasterio dejó gratos recuerdos en los expedicionarios, que pudieron seguirlo con detalle gracias a la *Guía Artística de Córdoba*, editada expresamente para este Congreso y excursión, ya gracias a las explicaciones dadas sobre el terreno.

Desde el monasterio de San Jerónimo, siguiendo por el dique de las andesitas basálticas, hasta alcanzar los asomos del mioceno sobre el mismo situados en el bajo, continuaron los expedicionarios para llegar

a visitar las excavaciones de Medina Azahara, donde el Sr. Castejón y Martínez de Arizala, de la Comisión de Monumentos de Córdoba, dirigió la palabra a los excursionistas, dando en francés una sencilla explicación de la importancia de los descubrimientos realizados. Dicho señor fué muy felicitado. Con él y con el Sr. Hernández, arquitecto de las obras, se visitaron las mismas, y seguidamente, dadas las gracias en nombre de la excursión por el Sr. Carbonell, se emprendió el regreso a Córdoba.

A las diez de la noche tuvo lugar en el Hotel Regina el banquete ofrecido por el Excmo. Ayuntamiento de Córdoba a los excursionistas. Las señoras fueron obsequiadas con hermosos ramos de flores. Durante el banquete ejecutó la Banda municipal de Córdoba un selecto concierto, justamente elogiado por los excursionistas.

En la presidencia tomaron asiento las señoras que componían la excursión, los Sres. Lébacqz, Sadek y Vivar, representantes oficiales de Bélgica, Egipto y Méjico, acompañando a las autoridades de Córdoba y al director de la excursión, Sr. Carbonell.

Al finalizar hizo uso de la palabra el Sr. Alcalde de Córdoba, D. Pedro Barbudo y Suárez Varela, quien con sentidas frases ofreció el banquete a los expedicionarios, para los que tiene palabras muy elocuentes, como representantes de la ciencia mundial. Les desea grandes éxitos con motivo de los estudios llevados a efecto en la Sierra de Córdoba, esperando que su labor redunde en beneficio general. Tiene frases de exquisita cortesía para las damas, y a todos desea que su estancia en España sea feliz.

El Sr. Carbonell, como director de la excursión, pronunció el siguiente discurso:

«SEÑOR ALCALDE PRESIDENTE DEL EXCELENTE AYUNTAMIENTO DE CÓRDOBA, EXCELENTESES SEÑORES, SEÑORAS, SEÑORES:

»La Ciudad de Córdoba ha querido que de una manera especial quedara en los Congresistas del XIV Congreso Geológico Internacional de Madrid, imprecadero recuerdo de su paso por Andalucía. Ya fueron los obsequios que tuvo con nuestros compañeros de la excursión A-5, ya el folleto que redactado en francés repartió a ellos y a vosotros para facilitar el estudio de la sierra y de la campiña cordobesa, de cuya lectura habéis deducido, viendo sobre el terreno los hechos indelebles de la realidad, cuáles fueron los acaecimientos de la vida de la Tierra.

»Finalmente, esta fiesta es el broche espléndido, el remate delicado de la serie de atenciones que la ciudad tuvo para los extranjeros que vinieron a dar fe de vida de su ciencia entre los muros de la que ostenta aquel lema emotivo: «Casa de guerrera gente y de sabiduría clara fuente».

»Si para la ciudad es grato reunir aquí las eminentes mundiales que día tras día, arrancando al suelo y al subsuelo sus secretos, van preparando el porvenir mejor de una humanidad futura, más perfecta, cuyos problemas se hallen resueltos, para los que llegaron a Córdoba no ha sido menos grata su sorpresa al ver de cerca la Córdoba trabajadora, la que sobre los surcos de nuestra ubérrima campiña riega

con su sudor las cosechas, que, gracias a ello, son seguras; la que arranca al Guadalquivir sus energías en El Carpio; la que con la obra del Pantano del Guadalmellato hará que el vergel que fué de Medina Azahara se extienda desde Alcolea hasta Almodóvar del Río.

»Y unido a estos hechos, que pregonan muy alto la vitalidad y el futuro del país, han tenido ocasión los excursionistas de la A-4 del Congreso Internacional Geológico, de admirar los bellos parajes de nuestra incomparable sierra; ya donde el misticismo se ha sabido conservar dentro de todo ese progreso moderno, como ocurre en el eremitorio de Nuestra Señora de Belén, ya donde los talentos de una cordobesa, ilustre por la prosapia y por su actuación personal, han logrado reconstruir y decorar en el monasterio de San Jerónimo de Valparaíso, al estilo impecable de su tiempo, regias estancias, donde no se sabe si valen más las maravillas materiales que vemos o el espíritu flotante de la dirección de todo, que por un misterio indescifrable allá quedó unido a la obra.

»La visita a nuestra Mezquita-Catedral, Círculo de la Amistad y a nuestros Museos, a la Córdoba típica, entre las clases modestas. La amable acogida por la Real Academia de Ciencias, Centro representativo en este caso de una manera especial de todas las Corporaciones y colectividades culturales de Córdoba, fueron motivos que han impresionado profundamente a los ilustres excursionistas extranjeros a quienes han tenido el alto honor de dirigir a su paso por Andalucía. Los excursionistas están sumamente reconocidos a todos: al Círculo de la Amistad, a la Cámara

Oficial Minera de Córdoba, a la Comisión de Medina Azahara, a los propietarios de las huertas de Lo Pardo, Melero y Los Arcos. Las deferencias de la Prensa, los folletos y publicaciones recibidos del Museo Regional Andaluz de Mineralogía y de otros centros y particulares, son nuevos elementos de ilustración que agradecen.

»Pues bien: ellos desean, y yo en su nombre lo hago que seáis vos, señor Alcalde, como representante de todas las autoridades y de todos aquellos que facilitaron nuestra misión, y que la facilitarán seguramente hasta el final, quien reciba la expresión de nuestro agradecimiento rendido; que quieren no sólo sea dado en nuestro idioma sino también en el propio:

»MONSIEUR LE MAIRE:

»Je crois accomplir un devoir en vous priant de bien vouloir transmettre à la ville de Cordoue tout entière notre profonde et sincère reconnaissance pour l'accueil cordial et charmant qu'ont trouvé ici les Membres du Congrès International Géologique de Madrid. Nous sommes profondément touchés de nombreuses et delicates marques de sympathie que les cordouans ont prodiguées à mes camarades, pendant leur court séjour dans ce magnifique pays. Ainsi, il nous aura été donné d'apprécier, non seulement les beautés incomparables de Cordoue, mais encore les sentiments courtois et hospitaliers qui caractérisent les habitants de cette ville illustre et dont est la meilleure des preuves cette belle fête organisée en notre honneur, ainsi que celles qui l'ont précédée.

«Mente et Malleo», telle est la devise du Congrès

International de Géologie et telle sera dorén'avant la notre quand par la pensée nous associerons dans la même sentiment l'amour que Cordoue nous inspire et l'ardent désir de travailler pour elle.

» SIR:

The excursionists of the International Geological Congres of Madrid like to express their best wishes to Cordova and to its worthy Lord-Mayor. We are highly satisfied with our staying at Andalusia and are very obliged for the attentions which have been extende to us by all the authorities of the country.

We will keep an everlasting remembrance of the beatiful Andalusia and of her old capital, the capital of the Western Caliphate. In addition to this we have obtained excellent results in our geological investigation work, from which we hope useful instructions may be deducted for this illustrious city and in general for the noble and hospitable Spain.

» HERR BUERGERMEISTER:

Wir geben der Hoffnung Ausdruck, dass Sie unseren Dank entgegennehmen wollen fuer das Entgehenkommen, das Cordoba und seine Behoerden dem Ausfluge des internationalen geologischen Kongresses dargebracht hat, und dem Sie heute Abend die Liebenswuerdigkeit haben einen gastlichen Empfang zu bereiten. Wir nehmen eine ausserordentlich angenehme Erinnerung mit von Andalusien, das wir mit eigenen Augen gesehen haben, und das zu den bedeutendsten Regionen Spaniens gehoert durch seinen

natuerlichen Reichtum, sowie durch seine schaffensfreudige und regsame Arbeit.

» Es gereicht uns zu grosser Genugtuung nach unse- ren betreffenden Laendern einen solch klaren und grossartigen Eindruck mitnehmen zu koennen von der Zukunft die Sie erwartet und die unsere heissten Wuensche begleiten moegen.

» Y, para terminar, señores:

Yo quiero tener aqui un recuerdo especial para mi antiguo maestro Mallada, aquel que primero estudio de una manera intensa la geología de Córdoba, figura excelsa, que allá, mientras más atrás va quedando, más se levanta, como sol propio entre tanta brillante constelación. Maestro insigne, que en el aspecto mundial es de la altura de los Suess, de los Geikie y de los Lapparent. Tengamos siempre en estos casos el recuerdo de esos maestros comunes; más fraternal es así nuestra unión, puesto que todos, ante ellos, somos discípulos, que es el primer paso para ser hermanos.

» Señor Alcalde, señores: Levanto mi copa por Córdoba, por sus autoridades y por el éxito glorioso del XIV Congreso Internacional Geológico.»

Los oradores fueron objeto de entusiastas aplausos. Los excursionistas han quedado verdaderamente satisfechos de esta bella fiesta.

Mayo, 20. A las ocho de la mañana partieron los expedicionarios en automóviles desde el Hotel Regina.

Siguiendo la carretera de Córdoba a Palma del Río

y después la de la estación de Hornachuelos al pueblo de ese nombre, han llegado a las inmediaciones del mismo, donde pudieron observar el contacto discordante del paleozoico y del mioceno, así como la vista del pueblo de Hornachuelos.

En este sitio, como en los que se detallan en el lugar correspondiente, fueron entregadas a los expedicionarios pequeñas explicaciones en español, francés, inglés, alemán y esperanto, las que resumen las explicaciones que al efecto dió el director de la excursión sobre la geología y tectónica de los diferentes lugares visitados.

Continuó la excursión al Norte, abandonándose la carretera de San Calixto y prosiguiendo por el camino de los Arenales y del Convento de Santa María de los Angeles, donde, dejados los automóviles, bajaron los expedicionarios a esa finca, estudiando la serie de las calizas antiguas, los efectos de la erosión de la corriente de los ríos de Sierra Morena al descender en el cuaternario al nivel de base, y la producción de formaciones travertínicas, debidas al paso de las aguas subterráneas por las formaciones calizas.

Sobre estos motivos geológicos es aquel lugar, en que el paisaje se muestra con soberbia esplendidez, sitio de recuerdos folklóricos e históricos, donde el Duque de Rivas, el insigne vate del romanticismo español, coloca algunas escenas de su notable obra *Don Álvaro o la Fuerza del Sino*.

En el Convento de los Angeles se dieron algunas explicaciones acerca del carácter cavernoso de estas calizas y con relación a su edad, por el Sr. Carbonell, que las ha clasificado en el cambriano. El señor

Henke ha creído ver restos de *archaeocyathidos* en las mismas, durante la inspección que rápidamente pudo realizarse, y, desde luego, su aspecto petrográfico es análogo al de las calizas de las Ermitas.

Iniciado el regreso, fueron los expedicionarios a almorzar al jardín que en la estación de Posadas posee D. Remigio Albórs, galantemente cedido a este fin. Allá, al finalizar la comida hablaron los señores Salomon Calvi y Lebacqz, que agradecieron al señor Carbonell la acertada dirección de la expedición, ya en el orden científico, del que se proponen los mejores resultados, ya en el orden del turismo, habiéndose sabido combinar los objetivos y finalidades propuestos con la visita a los más bellos paisajes y a las más notables obras arquitectónicas cordobesas. Estas palabras de encomio fueron recogidas por el Sr. Carbonell, que deja todos los resultados de la labor de la excursión A-4 a la camaradería y leal colaboración de los sabios extranjeros que la forman, y el encanto de la misma, a la concurrencia de las bellas damas que con su presencia hicieron el estudio grato y ameno.

Seguidamente pasaron los expedicionarios al Casino Principal de Posadas, donde fueron espléndidamente obsequiados por el Sr. Alcalde de Posadas. Míster Dewey agradeció, en nombre de los expedicionarios, el obsequio, y el Sr. Carbonell también pronunció algunas palabras, a las que contestó el Sr. Alcalde.

Emprendida la marcha hacia Almodóvar del Río, como estaba previsto, se realizó una visita al castillo de esa población, donde tuvo lugar la última explicación que al efecto se debía de dar, en relación con el estudio tectónico que se llevado a cabo.

Finalmente, a instancias del Sr. Goetel, tuvo lugar allí mismo una sesión, cambio de impresiones de los resultados logrados con el trabajo efectuado en esta excursión.

El Sr. Carbonell expuso los elementos fundamentales que se habían visitado, la finalidad con ello perseguida; particularmente llama la atención acerca de los grandes yacimientos fosilíferos de *archaeocyathidos* de Las Ermitas, de notabilidad mundial; se detiene en breves consideraciones acerca de la clasificación de los estratos considerados como cambrianos en Sierra Morena, que gracias a los nuevos hallazgos han de considerarse como carboníferos, a cuyo efecto la comprobación dada con motivo del examen de esta visita es de la mayor importancia en el orden científico.

Se ocupa brevemente de los asomos hipogénicos visitados, particularmente del de las andesitas basálticas de Los Jerónimos.

Por último llama la atención, de manera fundamental, acerca del asunto de la falla del Guadalquivir. Va recorriendo los indicios observados, resume los datos consignados en su libro «Guía de la Línea Tectónica del Guadalquivir», llegando a la conclusión de que geológicamente no cabe dudar acerca de este asunto.

El Sr. Henke habla de las formaciones carboníferas del Sur de España; felicita al Sr. Carbonell por sus hallazgos, y dice que al mismo tiempo que aquél llevaba a efecto sus trabajos en Córdoba, él trabajaba en la zona de La Carolina, donde ha llegado a las mismas conclusiones que el Sr. Carbonell; esto es, a la existencia de una línea de fractura, contacto anor-

mal de las cuarcitas de Fuencaliente, vista allí por el Sr. Carbonell, y de una serie de pizarras más meridionales del carbonífero.

Seguidamente el Sr. Henke se muestra conforme en las opiniones expuestas acerca de la línea tectónica.

El Sr. Goetel habla del accidente tectónico; hace comparaciones con las observaciones hechas por él en los Cárpatos, tratando de relacionarlos. Dice que ha observado la presencia al Sureste, en nuestro plano geológico, de manchas hipogénicas que parecen definir la continuidad de las que aparecen en Sierra Morena.

El Sr. Carbonell resume brevemente; agradece las palabras del Sr. Henke, a quien, dice, no conocía hasta el comienzo de la excursión; que ignoraba sus trabajos, cuyas consecuencias constituyen para él el contraste agradable de sus resultados; felicitase del trabajo del Sr. Henke, para quien tiene encomiásticas felicitaciones.

También abunda en ellas para las observaciones del Sr. Goetel, «tanto más cuanto —dice— podéis leer en la obra de un Geólogo español, el gran Mallada, en su explicación del Mapa Geológico de España, trabajo fundamental de este ilustre investigador, esas mismas observaciones relativas a la continuidad y relación de los asomos hipogénicos de Sierra Nevada y los de Sierra Morena. Es una nueva coincidencia feliz del trabajo de los Geólogos extranjeros y españoles».

Dice seguidamente que, por lo que hace a los dispositivos de la línea tectónica, no se ha ofrecido ningún argumento que desvirtúe este modo de ver,

ya clásico y fundamentalísimo, a fuerza de ser el de tanto eminente Geólogo.

A continuación se emprendió el regreso a Córdoba.

A las siete de la tarde los expedicionarios emprendieron la marcha hacia Sevilla en el rápido de Andalucía.

EXCURSIÓN A-5

Sierras Béticas

Tomaron parte los siguientes Congresistas:

M. Maurice M. Blumenthal (Suiza), H. Ferdinand Broili (Alemania), Mr. H. Albert Brouwer (Holanda), M. André Demay (Francia), Mr. Steinar y Mrs. Gleny Foslie (Noruega), D. Joaquín García Bellido (España), Mr. y Mrs. Marcos I. Goldman (E. U. N. A.), Srta. Dolores Guiral Sterling (Cuba), H. Ernst y Frau Hildegard Hempelmann (Alemania), M. Odolen Kodym (Checoslovaquia), M. Jean y Mlle. Simone Leroux (Francia), M. Emmanuel de Margérie (Francia), Mister Charles Alfred y Mrs. Annie Matley (Inglaterra), M. le Baron François Nopcsa (Hungría), M. Pierre Eugène y Mme. Pruvost (Francia), M. Eugène Raguin (Francia), M. Jakob Johannes Sederholm (Finlandia), H. Wilfried von Seidlitz (Alemania), M. Rodolphe y Mlle. Margrit Staub (Suiza), M. Jules von Szádeczky (Rumania), Mr. William Munro Tapp (Inglaterra), Mr. N. J. M. y Mrs. Taverne (Holanda), H. Wilhelm Wolff (Alemania), H. Adolf Wurm (Alemania).

Fueron directores de la excursión los Sres. D. Juan Carrandell, Doctor en Ciencias y Catedrático de Historia Natural del Instituto de Cabra (Córdoba); D. Antonio Carbonell Trillo-Figueroa, Ingeniero de Minas; D. Federico Gómez Llueca, Doctor en Ciencias, Catedrático de Historia Natural del Insti-

tuto Escuela de Madrid; D. Eduardo Hernández Pacheco, Catedrático de Geología de la Universidad Central, y don Pedro de Novo, Ingeniero de Minas del Instituto Geológico de España.

Mayo, 11. Como estaba previsto, la excursión A-5 salió de Madrid a las diez de la mañana en el rápido de Andalucía. Durante el trayecto hasta Córdoba fué objeto de especial atención de los Geólogos que la integraban el paso por el desfiladero de Despeñaperros, donde pudieron observar rasgos tectónicos del mayor interés, que luego completaron mediante el estudio de la «Guía Geológica de Despeñaperros», del Profesor Hernández Pacheco y del Ingeniero de Caminos Sr. Puig de la Bellacasa; así pudieron seguir las modificaciones del paisaje en todo el recorrido de Castilla la Nueva, la Mancha y Andalucía, gracias a la «Guía Geológica de la línea férrea de Madrid a Sevilla», escrita por los Ingenieros de Minas D. Enrique Dupuy de Lôme y D. Pedro de Novo y editada expresamente para el Congreso en español, francés, inglés y alemán; como después en Córdoba comenzaron a utilizar la «Guía de Sierra Morena a Sierra Nevada» de D. Pedro de Novo, D. Antonio Carbonell, D. Juan Carandell y D. Federico Gómez Llueca, que no abandonaron en todo el tiempo de la expedición. En Córdoba pudieron apreciar el valor de sus monumentos y Museos, significado histórico y elementos culturales merced a la *Guía Artística de Córdoba*, redactada bajo la dirección de D. Antonio Carbonell.

La llegada a Córdoba fué a las siete de la tarde; en la estación esperaba a los Congresistas el Ingeniero de Minas D. Antonio Carbonell Trillo-Figueras, que era uno de los directores de la expedición; los Concejales Sres. Bellido, Gutiérrez y Merino, en representación del Ayuntamiento; el Ingeniero de Minas Sr. Ornilla, por la Jefatura de aquel distrito minero y la Cámara Oficial Minera; los Sres. Vázquez Aroca y González Soriano representaban a la Real Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes; así como los Sres. Castejón, Gil Muñiz, Carbonell (J.) y otros representaban, a su vez, a distintos Centros culturales e industriales. La Prensa también estuvo lucidamente representada.

Después de las presentaciones de rigor se trasladaron los excursionistas al Hotel Regina, donde se hospedaron durante su permanencia en Córdoba.

A las diez de la noche se celebró la recepción oficial en la Real Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes. En el estrado se sentaron el señor Gobernador civil de la provincia, Excmo. Sr. D. Luis María Cabello Lapiedra, y la representación de la Alcaldía; el director de la Academia, D. Manuel Enríquez Barrios, y otros señores Académicos. A la entrada recibieron los excursionistas el número extraordinario del *Boletín* de la Corporación, editado exprofeso con motivo de la excursión, así como otro número especial del *Boletín* del Museo Regional Andaluz de Mineralogía. Las señoras fueron obsequiadas con ramos de flores.

Abierta la sesión, el Director de la Real Academia dió la bienvenida a los señores Congresistas en párrafos de honda elocuencia; recordó, al efecto, el

esplendor pretérito de la antiquísima cultura cordobesa, antes y después de ser metrópoli capital de la España musulmana.

El Sr. Novo, en nombre de los Congresistas, agradeció profundamente la recepción cordial de los hombres representativos de la cultura cordobesa en el día, y rememoró las glorias de dicha Real Academia, a la que se honra en pertenecer.

El Sr. Gobernador civil saludó en nombre del Gobierno de S. M. a los excursionistas, que, luego de los obsequios que recibieron, fueron acompañados al Hotel Regina, pasando por los lugares más típicos de la población.

Mayo, 12. A las ocho de la mañana comenzó la excursión proyectada, partiendo los Congresistas en automóviles preparados al efecto.

Al examinar las calizas del carbonífero de Pedroches, el Dr. Broili significó su conformidad con la clasificación que el Sr. Carbonell dió a esa formación, considerando que se trata de la caliza de *fusulinas*. Los excursionistas tomaron muestras del carbonífero y del mioceno fosilífero.

Los fenómenos de contacto del granito y de la pizarra, metamorfismo y otros, fueron después objeto de especial atención en el kilómetro 15-16 de la carretera de Córdoba a Villaviciosa. Desde este lugar marcharon los excursionistas al Lagar de la Cruz, donde se han observado restos de antiguas explotaciones de mineral de cobre de la edad de los metales.

Fué el almuerzo ese día en la finca de Lo Pardo, que cedió galantemente al efecto su propietario, don José Zurbano Miranda. Terminado el almuerzo, en

aquel mismo lugar comenzó el estudio de la interesante fauna de los *archaeocyathidos* hasta las Ermitas.

Recibidos los excursionistas en aquel recinto, y después de rápida visita al eremitorio de Nuestra Señora de Belem, pudieron contemplar el contraste que se domina desde el llamado Sillón del Obispo; observaron las tres divisiones fundamentales geográficas y geológicas de Andalucía, la Sierra Morena, el valle o campiña andaluza y la Cordillera Penibética.

Para esta excursión se les había repartido por la mañana, en Córdoba, una Guía que editó expresamente el Excmo. Ayuntamiento y redactó en francés el director de la excursión Sr. Carbonell, quien dió, además, las explicaciones pertinentes a los lugares visitados.

Seguidamente comenzó el descenso hacia Córdoba por la llamada Cuesta de los Pobres, cortando el gran yacimiento de los *archaeocyathidos*; después, las coladas y diques de pórfidos, andesitas y monzonitas hasta alcanzar las terrazas triásicas y miocenas de la Huerta de Melero, donde atendió a los excursionistas la propietaria, D.^a María Jesús Golmayo. Continuaron luego por la terraza miocena helvética, con abundantes foraminíferos, a la Huerta de los Arcos. Allí tomaron de nuevo los automóviles, que los llevaron a una terraza miocena con abundantes fósiles: *Ostrea crassissima*, *Clipeaster altes*, *terebritula*, *pecten* y otros.

Hecha una buena colección de los mismos, siguieron los Congresistas a Córdoba para descansar en el hotel.

A las ocho de la noche los recibió la Junta directiva del Círculo de la Amistad, cuyo Presidente, don Francisco Santolalla Natera, tuvo amables frases para los excursionistas. Visitaron seguidamente el espléndido local de aquella entidad, la que les obsequió con un vino de honor. Al final del mismo hicieron uso de la palabra los Sres. Margerie, Carbonell y Santolalla, abundando todos ellos en frases de la mayor cordialidad.

Mayo, 13. La excursión A-5 dedicó la mañana a visitar la Córdoba monumental, especialmente los Museos y Catedral. En esas visitas acompañaron a los Congresistas varios investigadores y artistas, entre los que hemos de citar a D. Rafael Castejón, D. Samuel de los Santos y D. Enrique Romero de Torres. Dichas visitas se realizaron con el siguiente orden: Primero, el Museo Arqueológico, donde vieron diferentes restos prehistóricos de yacimientos cordobeses y mereció especial atención el cráneo del *Homo fossilis cordubensis* que halló el Sr. Carbonell en la estación prehistórica de Alcolea; segundo, la Catedral, antigua mezquita, desde cuya torre formaron los excursionistas clara idea de la división geográfica y geológica, a grandes rasgos, en las inmediaciones del valle del Guadalquivir; por último visitaron el Museo Provincial de Cultura.

Después del almuerzo marcharon los excursionistas en automóviles por la carretera de Córdoba a Santa María de Trassierra, hasta el Balcón del Mundo. Las incidencias de esta excursión y explicaciones sobre el terreno acompañan a la crónica de la excursión A-4, por lo que aquí no hemos de insistir sobre el particular.

Sólo diremos que se trató del problema de la falla del Guadalquivir, que aceptaron los señores Brouwer y Staub ante los hechos observados. El Barón Nopcsa, según sus observaciones, opinó que no se trata de una sola, sino de una serie de ellas que, como grandes escalones, descienden del borde de la meseta al valle Bético. Fué objeto también de particular atención la disposición del triásico sito al Norte de la Fuente del Balcón del Mundo.

Luego de dejar los automóviles, continuó el itinerario previsto por el llamado Paseo de los Frailes, sobre el gran dique hipogénico que en la Sierra de Córdoba separa las formaciones cambriana y carbonífera. Por ese camino se llegó a pie al monasterio de los Jerónimos de Valparaíso, en tanto que en el trayecto se hacían diversas observaciones acerca de la constitución del citado dique.

En el monasterio, su restauradora, la excellentísima Sra. Marquesa del Mérito y de Valparaíso, acompañada de sus hijos, los Sres. Marqueses de Santurce, recibieron a los expedicionarios y los acompañaron durante la visita a aquella joya artística, al terminar la cual les ofreció un típico gazpacho andaluz en el antiguo y clásico refectorio del monasterio. Dió las gracias por el agasajo el Sr. De Margérie, en nombre de los Congresistas extranjeros, y el Sr. Novo en representación de la excursión, y a ambos contestó, en nombre de la Marquesa del Mérito, el Sr. Carbonell.

Continuando el itinerario hasta Medina Azahara, observaron los expedicionarios nuevas demostraciones de las rocas endógenas, así como el brusco tránsito al cuaternario y al mioceno en Medina Azahara.

En este último lugar recibieron a los excursionistas los Sres. Castejón y Martínez de Arizala y D. Félix Hernández, en representación de la Comisión encargada de aquellas excavaciones arqueológicas. El señor Castejón hizo uso de la palabra y, antes de proceder a la visita, dió una explicación en francés acerca de la importancia y fines de los descubrimientos allí realizados.

Después se emprendió el regreso a Córdoba en automóvil.

Por la noche, el Excmo. Ayuntamiento de Córdoba ofreció un banquete de gala, fiesta que amenizó la banda de música municipal, que dirigía el maestro Sr. Pérez Camarero.

Ocuparon la presidencia las autoridades de Córdoba, y por la excursión A-5, la Sra. Matley y los Sres. Carbonell y Hernández Pacheco. Fué una fiesta de la que los Congresistas guardaremos grato recuerdo, tanto por la suntuosidad del obsequio como por la franca camaradería que reinó. Al final, el Alcalde de Córdoba, D. Pedro Barbudo Suárez Varela, en brillantes párrafos, ofreció el banquete a los Congresistas del XIV Congreso Internacional convocado en Madrid, e hizo fervientes votos por que lograsen resultados positivos durante sus observaciones en Andalucía, de las que esperaba terminantes utilidades científicas. El Sr. Hernández Pacheco agradeció, en nombre de la excursión, las palabras del Alcalde de Córdoba; tuvo para esta ciudad delicado recuerdo, y continuó su disertación, desarrollada en español y al principio en idioma francés, dando las gracias afectuosas por su presencia a los Congresistas extranjeros en general. Por último, el Sr. Novo habló en

inglés a los Congresistas británicos y norteamericanos, para darles la bienvenida, y luego repitió el saludo en alemán a los de los países que hablan esta última lengua. Todos fueron muy felicitados y aplaudidos.

Mayo, 14. Por la mañana los excursionistas visitaron las industrias más típicas de Córdoba.

La primera fué la fábrica de los Sres. Fragero Hernández, de elaboración de filigrana y otros géneros de platería y joyería. En esa fábrica fueron obsequiados los señores Congresistas con bandejas de plata y alfileres, y con pulseras de filigranas las señoras que integraban la excursión, y luego se sirvió un vino de honor. Agradeció la esplendidez del obsequio con sentidas frases el Sr. Gómez Llueca en nombre de los Congresistas.

Visitaron seguidamente las fábricas y almacenes de aceites de los Sres. Carbonell y Compañía. De allí marcharon a las bodegas de vinos de Los Moriles que dicha razón social posee en la población, donde de nuevo se les obsequió. Los Sres. Matley y Szádeczky pronunciaron sentidos discursos agradeciendo al señor Carbonell su actuación desde el comienzo de la excursión, en nombre de los expedicionarios; el señor Carbonell agradeció las encomiásticas manifestaciones, ofreciéndose de nuevo a los sabios extranjeros que lo visitaban.

Después del almuerzo se emprendió el viaje a Cabra. En el kilómetro 30 de la carretera de Espejo se hizo parada para que los excursionistas observaran los asomos del terciario inferior fosilífero, donde hallaron pequeños numulitos y ejemplares de *Lepidocyclinas* los Sres. Matley, Gómez Llueca y otros.

Terminado este reconocimiento, los excursionistas marcharon hacia Cabra, y terminó su misión el señor Carbonell, quien regresó a Córdoba para hacerse cargo de la dirección de la excursión A-4, que llegó a aquella capital el día 16.

A partir del kilómetro 30 de la carretera de Córdoba a Espejo, se siguió la de Castro del Río, donde, bajo los bancos eocenos asoman las margas irisadas del keuper, conjunto que se siguió hasta dar con la carretera de Montoro a Rute para llegar a Cabra, y en cuyo trayecto conviene citar la hermosa vista que todos disfrutamos desde el monte Horquera; pues mientras hacia al Oeste se contemplaban los llanos de Banda (en los que se dió la célebre batalla de Munda, entre Julio César y los hermanos Pompeyo), al Suroeste se divisan las montañas que encierran la Hoya de Cabra, a la que llegó la caravana automovilista al caer la tarde.

Hermosa fué la entrada en aquella ciudad. Las autoridades, al frente de larguísima fila de automóviles de los vecinos de Cabra, acudieron a recibir a los Congresistas al límite del término municipal. Luego de los saludos de rigor y de entregar ramos de flores a las señoras que formaban parte de la excursión, se pusieron en cabeza del cortejo, en el centro los automóviles forasteros y en cola los de Cabra, que se hallaban engalanados.

En la plaza de Rafael Blanco y en la calle de Juan de Ulloa esperaba el vecindario en masa; los autos fueron llegando al Ayuntamiento, adornado con colgaduras y las banderas de las once naciones a que los excursionistas pertenecían. Una vez en los salones de la Casa Consistorial, la banda municipal interpretó

los himnos de las naciones mencionadas. Tan grandioso recibimiento produjo gran impresión en los ilustres huéspedes, quienes apreciaron el significado que en favor del espíritu de un pueblo tiene el recibir como a magnates a los hombres de ciencia, y no sólo con respeto y entusiasmo, sino con increíble esplendidez, como se seguirá viendo.

Por eso, mientras duró la merienda exteriorizaron los visitantes sus sentimientos con vivas y discursos en respuesta al del Alcalde, Sr. Solís, modelo de sencillez y sentimiento en la frase. El profesor De Margérie pronunció uno entusiasta en francés; en sus idiomas respectivos le secundaron el profesor alemán Wolff, y el inglés Matley. Curioso por demás fué el que leyó en español, bastante correcto, el Sr. Seiderholm, delegado finlandés, quien recabó para sus antepasados, los vándalos, el honor de haber escogido Andalucía como segunda patria.

Luego de distribuídos los alojamientos en casas particulares, el Real Colegio-Instituto Nacional de Cabra ofreció la cena, en la que se reiteraron los brindis. Su Director, D. Manuel González Meneses, leyó un discurso de salutación en lengua francesa; el Catedrático, director de la expedición, D. Juan Carrandell, unas cuartillas en varios idiomas; el Sr. Goldman pronunció algunas palabras para mostrar su sorpresa ante el adelanto de España y su gratitud por la hospitalidad que hallaba por doquier. Pero nota saliente y simpática de aquella cena fué el brindis de la Sra. Gleny Foslie, bella y distinguida noruega que honró el acto al presidirlo.

Terminó el festejo de aquel día con la típica verbenas celebrada en el paseo, a la que el pueblo

aportó su alegría, amabilidad y generosidad para dar realce a la fiesta, la que, además, embellecieron con su presencia las damas egabrenses, típicamente ataviadas con mantones de manila.

Mayo, 15. A las ocho de la mañana salieron en automóviles los excursionistas más directamente interesados en la busca de los abundantes fósiles de los yacimientos de la Fuente de los Frailes y de Los Lanchares, estaciones fosilíferas y titónicas célebres en el mundo. Tan ricas son las rocas de aquella parte de la Sierra de Cabra, que el pavimento de la ciudad, compuesto de grandes losas de caliza de aquella época, es verdadero museo de esa clase de fósiles.

Luego de algunos minutos de parada en el kilómetro 2 de la carretera de Priego, para observar la famosa fuente vauclusiana que mana en aquel paraje y que se denomina Fuente del Río, llegaron a la denominada de los Frailes, que nace en pleno piso titónico; allí comenzó la busca de los mencionados fósiles y siguieron luego las capas hasta Los Lanchares por espacio de dos kilómetros. Facilitó extraordinariamente la clasificación rápida de los muchos que allí se hallaban el muestrario que de las especies más comunes en aquella localidad llevó al terreno el Sr. Gómez Llueca, iniciativa que le valió múltiples felicitaciones de los paleontólogos extranjeros, no sólo por lo excelente de la colección, sino por la afortunada idea que facilitó tanto el trabajo de campo.

Allí recogieron muchos ejemplares los Sres. Broili, Barón Nopcsa, Sres. Foslie, Goldman, Brouwer y Seidlitz, casi todos de las especies siguientes: *Phylloceras Calipso*, d'Orb.; *Ph. mediterranum*, Neum.;

Ph. ptychoicum, Ku.; *Lytoceras quadrisulcatum*, d'Orb.; *L. municipalis*, Opp.; *Haploceras Grasi*, d'Orb.; *Perisphinctes transitorius*, Ott.; *P. eudichotomus*, Zitt.; *P. contiguas*, Zitt.; *P. senex*, Opp.; *Hoplites Calistu*, d'Orb.; *H. Kóllikeri*, Opp.; *H. Macphersoni*, Kilian; *Simoceras Ubulanensi*, Opp.; *Aspidoceras eyelotum*, Opp.; *Aptichus Puntatas*, Boltr.; *A. Latus*, Park.; *A. Beyriche*, Opp.; *Belemnites (Hibolitis) semisulcatu*, Mumst.; *Piugope diphia*, Coloma; *T. janitor*, Pic.

Entretanto, el resto de los excursionistas salió de Cabra, y a las diez de la mañana, luego de visitar la fuente vauclusiana del río, había llegado al ventorrillo del kilómetro 20, donde se organizó pintoresca caravana, pues los excursionistas montaron en los asnos y mulas preparados, yendo flanqueados por los guardias civiles y rurales, que marcaban el camino.

No se hizo larga, aunque sí algo penosa, la ascensión desde Los Lanchares al Picacho, el que coronaron los últimos excursionistas hacia la una de la tarde. Conviene advertir que aquel día, 15 de mayo, es fiesta popular muy importante en la ermita de la Virgen; por esta razón estaban allí reunidos, en muy reducido espacio, tres o cuatro mil labradores de las cercanías; pero, a pesar de esta aglomeración, en nada perturbaron las observaciones que en aquel punto habían de hacer los Congresistas. El pueblo celebró la romería como de costumbre, con sus cantos y bailes típicos, y saludó con efusión a los extranjeros. Observó que no había de ocupar los puntos en que se alzaban las banderas de los distintos países ni la glorieta donde D. Juan Carandell había establecido una utilísima tabla de orientación y su panorama

circular desde la ermita, cosas ambas que atrajeron la atención y merecieron los plácemes de nuestros huéspedes, pues facilitaban en extremo las observaciones a que tan admirablemente se presta aquella ermita de Cabra, atalaya de Andalucía, desde la cual se advierten los diversos elementos orogénicos cuyo examen era la base y eje de la expedición. Sobre este punto, como sobre los restantes de carácter tectónico, debe consultarse la parte correspondiente de la Guía de la excursión A-5.

Transcurrida una hora larga de observación, antes del almuerzo, se descubrió en el patio de la ermita una placa de mármol, donde destacan, en letras doradas y bajo los escudos de Cabra y del Congreso Geológico, los nombres de todos los Congresistas que formaron parte de la expedición, nueva muestra de delicadeza de las muchas que allí recibieron, y que nos hace recordar el nombre de D. Manuel Mora, Hermano mayor de la Cofradía de la ermita de la Virgen.

Efectúose el almuerzo bajo los arcos del patio, mientras el pueblo ocupaba el centro, donde esperaba la entrada, por tandas, en el Santuario. Luego de los brindis de rigor, que corrieron a cargo de los señores Mora, Carandell, Galán (arcipreste) y De Margérie, y que cerró el Sr. Novo con una alocución al pueblo para agradecerle su actitud y explicarle en cierto modo el significado del Congreso, y luego de las no menos inevitables fotografías, comenzó el descenso a Cabra, donde aquella noche se celebró el banquete de gala que el Ayuntamiento ofreció en el patio del Instituto, acto que puso una vez más de relieve la galantería egabrense con delicados detalles, como



Cerro de la ermita de Cabra.

los números de música española que interpretó la banda y las artísticas minutias de la cena, en las que figuraba el escudo de Cabra, y junto al nombre de cada Congresista, la bandera, en colores, de su país enlazada a la nuestra. Cerró el acto en elocente brindis el Alcalde, Sr. Solís.

Terminada la cena, la mayoría de los Congresistas se trasladó al Casino de la Amistad, donde disfrutaron de espléndida fiesta andaluza.

Creemos que habrán dejado perdurables recuerdos en los visitantes extranjeros los ricos yacimientos fosilíferos de Cabra y las magníficas perspectivas del Picacho; pero, en justicia, será menor que el que haya producido la generosidad y galantería de aquel pueblo, desde su Alcalde al último labrador.

Mayo, 16. A las ocho de la mañana se organizó de nuevo la caravana de automovilistas con objeto de seguir, según programa, las formaciones secundarias en el itinerario de Cabra a Lucena, de Lucena a Rute y de Rute a Loja, y de examinar en este último punto otro yacimiento fosilífero titónico, si bien menos rico, no menos interesante que los recién visitados en Cabra. Como la jornada era larga, se realizó el recorrido con pocas detenciones. Primero, por el tránsito inmediato a Cabra, que se encuentra hasta el kilómetro 84; luego, por las margas blanquecinas del eoceno y el mioceno.

Pasado el pueblo de Lucena se siguió la formación eocena donde encaja la carretera; la primera parada fué en el caserío de Zambra, donde se halla un depósito eoceno horizontal, resto de un antiguo lago desecado; poco después, en el kilómetro 104,

se alcanzó el trías, que caracteriza grandes bancos de calizas magnesianas.

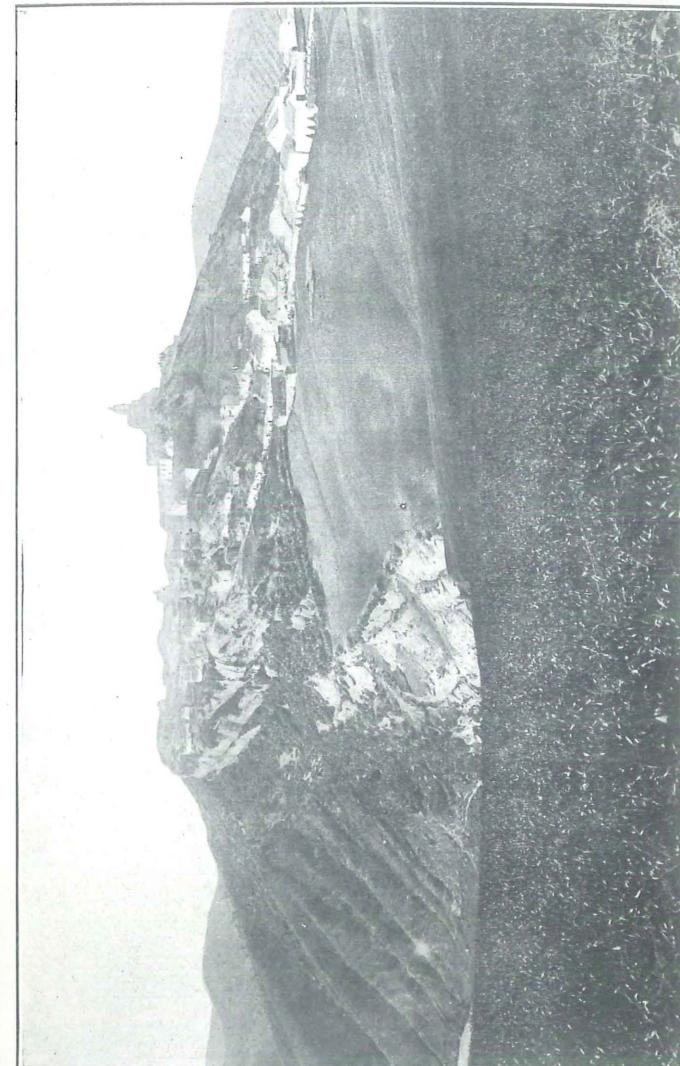
Con gran claridad pudieron contemplarse las potentes formaciones jurásicas de la sierra, en violento contraste con las margas irisadas del trías que componen las cañadas y lechos del río. No faltan allí los cantos y bolas de ofitas, pero no hubo detención, pues había de hallarse esta roca en gran cantidad más adelante, en el mismo camino.

Pasado el kilómetro 108, en el pueblo de Rute, cesa el jurásico y comienza el cretáceo; se cortó en seguida una mancha de areniscas numulíticas, y a poco se penetró en la pintoresca hoz que da nombre al río y se siguieron las formaciones eocenas hasta hallar de nuevo las margas del trías en la confluencia del río de la Hoz con el Genil.

Muchas fotografías hicieron los Congresistas en esta pintoresca parte del recorrido, pero aun atrajo más la atención general la situación del pueblo de Iznájar, colocado entre los grandes bancos de calizas y areniscas miocenas que los cortes del Genil aislan de la masa general de la formación que desde poco antes se cruzaba. Ante aquel pueblo tan curiosamente asentado en diferentes bancos miocenos, hubo una moderada detención, que se aprovechó para obtener nuevas fotografías.

Reanudada la marcha, sólo se detuvo en el kilómetro 22, ya en la provincia de Granada, para observar un mogote de ofita, verdadero cerro de esta roca y uno de los de mayor tamaño observados en el Sur de España.

Desde aquel punto la caravana se dirigió al yacimiento fosilífero del Manzanillo, situado a un par de



Calizas (molasa) miocenas de Iznájar.

kilómetros de Loja, y que, como dice Gómez Llueca, que tan bien lo ha estudiado, es indudable que después del famoso de Los Lanchares de Cabra, es tal vez el mejor que de aquella edad se encuentra en nuestro país.

Dos horas emplearon los Congresistas en la busca de fósiles, y luego siguieron el camino del yacimiento y orilla del bonito lago vauclusiano que allí existe, para llegar a la fábrica de aserrar mármol de los Sres. Martínez de Miguel, de cuya hospitalidad en su fábrica y jardín hemos de hacer especial mención, así como de las atenciones y facilidades que para todo nos proporcionó el Alcalde de Loja.

Fuera imposible enumerar las manchas de distintos terrenos que la caravana cortó en su recorrido desde Loja a Antequera, itinerario que además no formaba parte de la zona descrita en la guía de la expedición. Sólo mencionaremos la gran sorpresa que a todos produjo la belleza del país, el paso por el pintoresco pueblo de Archidona, y sobre todo la extraña situación y proporciones del Peñón de los Enamorados, ya cerca de Antequera.

La entrada en esta ciudad fué también gratísima para todos. Las autoridades municipales, como antes hicieron las de Cabra, salieron al límite del término municipal, y seguidamente condujeron a los visitantes al notable monumento megalítico llamado Cueva de Menga, uno de los más notables que se conocen.

El retraso que las repetidas paradas para observar los distintos aspectos del terreno introdujeron en el itinerario marcado, motivó que no se pudiera disfrutar de la grata recepción que había preparado el Casino de Antequera en su soberbio local. Por eso,

tras breves saludos, fué preciso marchar al hotel a fin de cenar relativamente temprano, ya que al día siguiente había de ser larga y penosa la jornada.

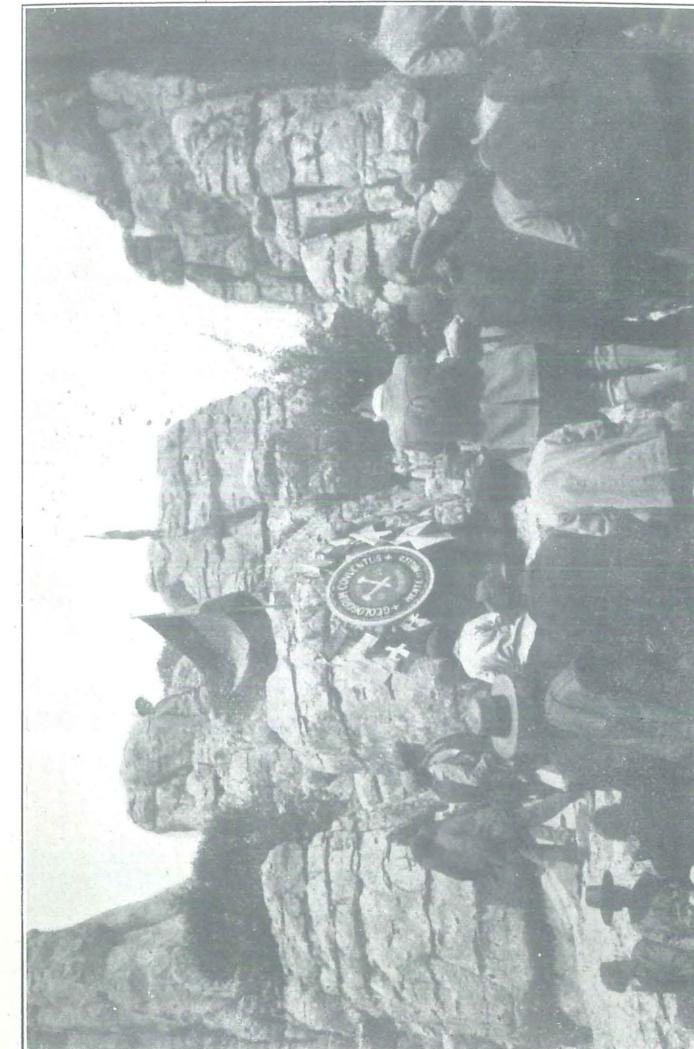
Mencionaremos una circunstancia que resultó nota típica de aquella ciudad, y es que así como el día 15 se celebraba la romería popular en la ermita de Cabra, el día 16 había en Antequera una solemne procesión, que atrajo la atención de los visitantes extranjeros.

Aquella noche el Ayuntamiento de Antequera obsequió a los Congresistas con delicado banquete de etiqueta en el hermoso salón japonés del Palacio municipal, situado entre el jardín y el soberbio patio de aquel edificio. En el testero figuraba un enorme escudo del Congreso Geológico y un rosetón de gallardetes con los colores de las naciones representadas. Fué la fiesta por extremo grata, y no desmereció de las que acabábamos de disfrutar en la ciudad de Cabra. También eran lujosas las minutias de la cena, con profusión de fotografías de Antequera y de su Torcal famoso. Además, la prensa local hizo tiradas especialmente dedicadas a los Congresistas, que se repartieron antes de comenzar el banquete.

Hemos de mencionar los brindis del Alcalde, D. Carlos Romero, elocuente orador, y del Sr. Gómez Llueca, y una hermosa poesía del vate D. Carlos Valverde, muy inspirada y de perfecto corte clásico.

Una orquesta ejecutó durante el banquete escogidas composiciones regionales, a las que puso broche adecuado nuestro himno nacional.

Mayo, 16. Muy temprano se organizó aquel día la ascensión al Torcal. Antes de partir, todos los Congresistas dirigieron un telegrama colectivo a la Mayordomía de



El Torcal de Antequera.

Palacio, para felicitar a S. M. el Rey por su cumpleaños. También pusieron las señoras de la expedición un telegrama de gracias al Alcalde de Cabra.

Como el día antes habían marchado a Córdoba los autos que desde allí se habían utilizado, los vecinos de Antequera pusieron galantemente a nuestra disposición los suyos, para conducir a los excursionistas hasta el pie del Torcal, o más bien hasta la venta del Rosario, situada en la carretera de Málaga, donde esperaban las caballerías para continuar la excursión hasta el Torcal Alto.

Desde los primeros pasos fué notoria la impresión que en todos causaba aquel extraordinario paisaje. Pronto se dejaron las caballerías, y a pie se emprendió la jira por la cañada de Todos los Aires, las Vilaneras, el puerto del Almendro y los Polvillares, hasta alcanzar el paraje llamado el Ventanillo o las Ventanillas, desde el cual se disfruta tan extenso panorama hacia el Sur, y desde donde muchos de los excursionistas tuvieron el placer de contemplar por vez primera las azules aguas del Mediterráneo en el seno malagueño.

Difícil fué evitar que se extraviaran los Geólogos, llevados de su afición y del placer que les proporcionaba vagar entre aquellos riscos; pero al fin todos se reunieron en el paraje denominado Pilón Cubierto, sitio escogido para el almuerzo, y cuya situación señalaba enorme bandera hincada en una roca junto al escudo del Congreso.

Allí se cambiaron impresiones acerca de la rara estructura de la sierra, que ya habían podido estudiar en la completa descripción de D. Juan Carandell.

Luego del almuerzo y de sacar muchas fotografías, se descendió casi por el mismo camino para tomar los autos y llegar a la estación de Antequera a tiempo de tomar el tren de Granada, en el que había coches reservados.

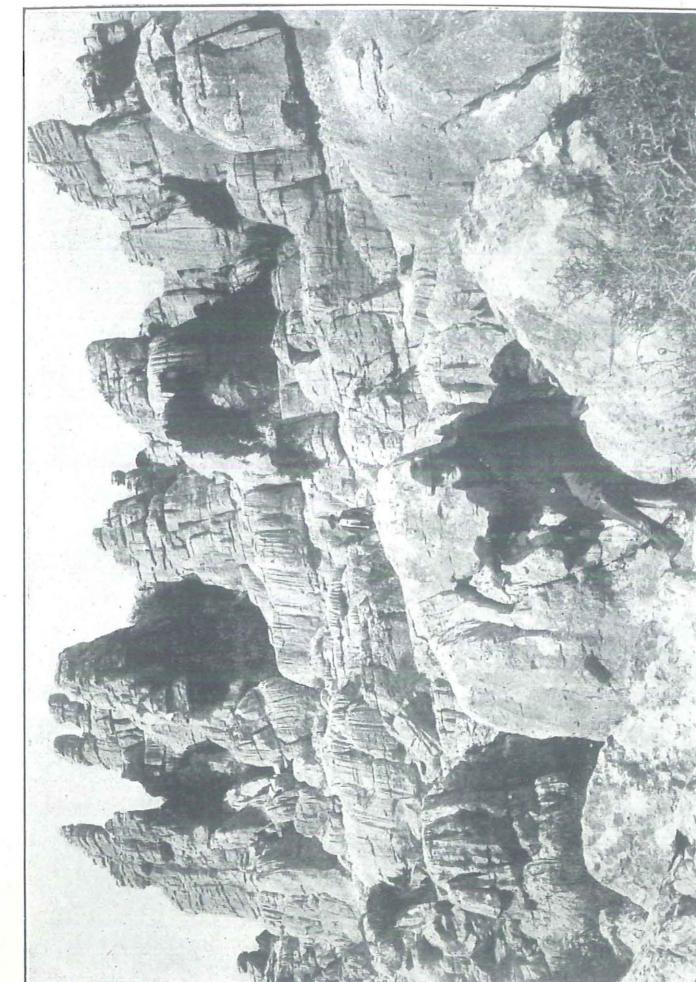
Con el mismo entusiasmo que en Cabra nos despedimos de Antequera, ciudad a la que dimos las gracias por medio del Alcalde, del cultísimo Notario D. Nicolás Alcalá y especialmente de D. José León Motta, prestigiosas personalidades antequeranas, que de tal manera facilitaron la expedición.

A punto de subir al tren, cada Congresista recibió una caja de dulces dedicada en una postal del Torcal de Antequera, obsequio del ilustre antequerano D. José García Berdoy, y última muestra de la amabilidad de aquel pueblo, que pronto quedó atrás en el camino.

Al llegar a Granada aquella noche tuvimos el honor de saludar a las autoridades, que habían acudido al Hotel Alameda a darnos la bienvenida, la cual se redujo a los indispensables saludos de atención, ya que tan repetidas jornadas y el cansancio de la última exigían pronto reposo, a fin de preparar las que aun quedaban y que correspondían a la ascensión a Sierra Nevada.

Mayo, 18. Se dedicó aquel día a la visita de los interesantes monumentos de Granada.

Por la mañana los Congresistas visitaron la Catedral, la Cartuja, la capilla de los Reyes Católicos y otros edificios enclavados en la ciudad, bajo la dirección del concejal Sr. Calera, a quien expresamos muy particularmente la gratitud los directores de la expedición.



«Torcal Alto». — Entrada de «La Cañada del Madroño».

Por la tarde se efectuó la visita a la Alhambra, al Generalife y a la renombrada finca de los Mártires. Es superfluo mencionar lo que dichas visitas suponen para personas cultas y, la mayoría de ellas, desco nocedoras de los monumentos de la España árabe. En la Alhambra y el Generalife recibió a los Congresistas y les sirvió de guía el culto e insustituible publicista D. Luis Seco de Lucena, que siempre tiene fervores para el peregrino del arte.

Entretanto los directores de la expedición se ocuparon en combinar el servicio de tranvías a la sierra, que tan amablemente facilitó el Ingeniero Director de la Compañía, Sr. Velasco. Y lo relativo al albergue de la Sociedad Sierra Nevada, para lo cual nos pusimos al habla con dos de sus más distinguidos miembros, el Dr. Valenzuela y el Sr. González.

Mayo, 19. En tranvía especial, a las siete de la mañana salió para la sierra el primer grupo de expedicionarios, que deseaba hacer a pie parte del recorrido.

Comenzó en esta forma en el túnel donde se halla el contacto del cuaternario con el terciario, y después se siguió esta última formación hasta cerca de Huéjar Sierra, casi en el límite de la línea del tranvía, para apreciar el contacto entre la formación triásica y las masas arcaicas que allí comienzan con tanta potencia y caracteres tan uniformes; contacto revelador de grandes fenómenos tectónicos para algunos distinguidos Congresistas.

En tanto que realizaban estas observaciones, se incorporó al primer grupo el segundo, procedente de Granada en otro tranvía, y todos juntos, excepto la mayoría de las señoritas, emprendieron a pie la subida desde la estación del tranvía al Hotel de Benalúa,

situado en las rápidas laderas de la margen izquierda del Genil y frente al barranco de San Juan.

Fué este hotel una de las últimas sorpresas que en la expedición salieron al paso de los excursionistas, puesto que allí, en plena sierra, a 1.200 metros de altitud, encontraron tan cómodo y elegante alojamiento, provisto de todos los recursos apetecibles, muestra elocuente de las dotes de iniciativa que adornan al Duque de San Pedro de Galatino, a quien tantas reformas deben la ciudad de Granada y el turismo español.

Luego de largo reposo y del almuerzo siguiente, parte de los excursionistas fueron a visitar el yacimiento de serpentina del barranco de San Juan, que, aunque no muy lejos del Hotel, exigió que se empleara toda la tarde en visitarlo, a causa de lo abrupto del terreno.

Próximamente la tercera parte de los excursionistas regresaron aquella tarde a Granada.

Un núcleo reducido decidió consumar la expedición con la ascensión al Pico del Veleta, muy poco accesible a causa de la gran cantidad de nieve, por lo desapacible y fría que ha sido esta primavera. Esto motivó el que apenas pudieran alcanzarse a pie alturas hasta donde en otras ocasiones se había llegado en mulo con relativa facilidad.

Esta sección de Congresistas partió del hotel a primera hora de la tarde, y antes de anochecer alcanzó el albergue de la Sociedad Sierra Nevada, situado a 2.008 metros de altura.

Mayo, 20. Mucho antes del amanecer emprendióse la marcha por los ventisqueros de los peñones de San Francisco y Ganchiles y la divisoria entre el barranco de

San Juan y el Monachil. Casi todos los esforzados Geólogos alpinistas alcanzaron el alto del Veleta, después de temerario esfuerzo para vencer el constante peligro de cualquier resbalón. No hay que decir que la mayoría fueron suizos, alemanes y noruegos; pero tal fuerza y crudeza tenía el viento en el Veleta a las diez de la mañana de aquel día de mayo, que declararon que nunca habían sufrido sensación de frío como la recibida en Sierra Nevada.

En justa compensación a las fatigas físicas pudieron contemplar la asombrosa vista que desde el Veleta se abarca, ya que se contempla a un tiempo la nevada sierra, al Norte la vega de Granada, por diversos rumbos muchos sistemas montañosos de Andalucía, al Sur la feraz vega de Motril y el Mediterráneo y en el extremo horizonte la costa africana.

Tal fué el paisaje que contemplaron los que consiguieron consumar la expedición, y entre los que conviene citar al alemán H. Wurm, al suizo H. Staub y a los directores de expedición profesores D. Juan Carandell y D. Federico Gómez Llueca.

Si penosa fué la ascensión, no lo fué menos el descenso, aunque bastante más rápido. Hubo parada en el albergue para tomar un refrigerio, y, por último, los excursionistas llegaron de noche a cenar y dormir al Hotel Benalúa.

Aquel mismo día otra parte de los excursionistas salieron en automóvil de Granada en compañía del Sr. Hernández Pacheco y emplearon la jornada en llegar hasta Motril, a orillas del Mediterráneo, recorrido muy interesante desde el punto de vista geológico, y tanto o quizás más en su aspecto pintoresco, ya que los mismos que la noche anterior habían pisa-

do la nieve de la sierra, almorzaron aquel día en las subtropicales costas del Mediterráneo, donde precisamente la *zafra* de la caña de azúcar estaba en todo su apogeo.

Mayo, 21. Reunidos de nuevo en Granada todos los excursionistas, emplearon la mañana del día 22 en visitar las formaciones de Sierra Elvira, donde descuellan el jurásico y el triásico a corta distancia de la capital.

No son muy ricos en fósiles los terrenos de la mencionada sierra, pero sí interesantes por la disposición de sus capas y nombrados a causa de su repetida mención en los trabajos que con motivo de los terremotos de Andalucía del año 1885 constan, lo mismo en las Memorias de la Comisión francesa que vino a nuestro país en tal ocasión, que en los trabajos que realizó la Comisión del Mapa Geológico de España y que ha publicado en sus Memorias.

No quisieron abandonar Granada los expedicionarios sin visitar de nuevo sus principales bellezas, ni pudieron dejarla los directores sin reiterar su gratitud a las autoridades y particulares que tanto los habían atendido.

Finalmente, aquella noche, después de la cena, los Congresistas tuvieron la galante atención de reunir en el salón del hotel a los directores de la expedición para darles las gracias por las atenciones que con ellos habían tenido y felicitarles por la preparación científica y el buen éxito de la expedición realizada.

» 22. Por la mañana partió la expedición de Granada, luego de recibir y agradecer la despedida de las autoridades en la estación del ferrocarril.

En coche especial, añadido al expreso, fué el trayecto hasta la estación de Baeza, donde se unió el

coche al largo tren especial de Congresistas procedentes de Sevilla, que componían los núcleos de excursionistas que habían tomado parte en las expediciones de Canarias, Marruecos, Linares, La Carolina y Ríotinto y línea tectónica del Guadalquivir.

Con tal motivo, al verificarse la reunión, se hicieron los saludos y presentaciones de Congresistas y directores, y pudimos congratularnos de que todas las expediciones terminaban y se habían realizado con éxito superior al esperado y sin accidentes desagradables.

EXCURSIÓN A - 7

Canarias

Tomaron parte en esta excursión los 39 señores siguientes:

M. Henryk Arotowski y Mme. Arotowska (Polonia), D. Francisco Barras de Aragón (España), M. Marcel E. De-naeyer (Bélgica), H. Carl y Frau Diener (Austria), H. Emil Dittler (Austria), H. Cornelio y Frau Doepter (Austria), M. Julien Drugman (Bélgica), D. Alfonso Escobar (España), D. Victoriano Fernández Ascarza (España), Mr. Lewis Leigh Fermor (India), Sir John Smith Flett (Inglaterra), D. Víctor Gosálvez (España), Mr. y Mrs. Axel Hamberg (Suecia), D. Rafael Ibarra Méndez (España), Mme. Elisabeth Jerémie (Rusia), D.^a Victoria Jiménez Crozat (España), D. Ramón Machimbarrena (España), Lady Mac Robert (India), M. Joseph Morozewicz (Polonia), D. Joaquín Novella Valero (España), D. Narciso Puig de la Bellacasa (España), Sig. Gaetano Rovereto (Italia), M. Frantisek Slavik (Checoeslovaquia), M. Casimir Smulikowski (Polonia), M. Marcel Solignac (Túnez), H. Erich Spengler y Frau Spengler (Austria), D. José Tinoco Acero (España), M. Joseph y Mme. Woldrich (Checoeslovaquia), Mr. Victor Zivny (Hungria).

Fueron directores de la excursión:

Don Lucas Fernández Navarro, Catedrático de la Universidad Central y Académico; D. Joaquín Mendizábal, Conde de

Peñaflorida, Ingeniero de Minas del Instituto Geológico de España, y la Srta. Pilar Fernández Aguilar, Profesora del Instituto-Escuela de Madrid.

Mayo, 5. Salida de Madrid en el expreso de Andalucía.

» 6. Llegaron a Cádiz los Congresistas, donde les esperaban en el andén las autoridades, que les condujeron en coches al Hôtel de France et de Paris. Después de almorzar montaron en los coches que el Ayuntamiento tenía dispuestos, para visitar la ciudad con sus Museos, hospitales, etc., terminando en el Ayuntamiento, donde el Alcalde, D. Agustín Blázquez, les obsequió con un vino de honor.

Acto seguido volvieron a los coches, que les condujeron al muelle, donde estaba atracado el *Jaime II*, de la Compañía Transmediterránea, especialmente fletado para la expedición.

» 7 y 8. Los pasaron en el mar. Debemos hacer constar el excelente trato que tuvieron a bordo del *Jaime II*, donde desde el simpático capitán, Sr. D. Francisco Marsal, hasta el último marinero de la tripulación, se desvivieron por atenderles. Llevaron telegrafía sin hilos, que les permitía recibir noticias de Europa dos veces al día. Excursionistas y tripulación se han convertido en una familia bien avenida. Hay un poco de Babel por la multiplicidad de idiomas, pero todos entienden más o menos el francés, que les sirve de lengua internacional.

» 9. Llegaron a Santa Cruz de Tenerife a las siete de la mañana, y en cuanto atracaron vinieron las autoridades a bordo para darles las bienvenida. A las ocho, después de desayunar, montaron en los automóviles que el Cabildo tenía preparados, y, atravesando la

capital, subieron por una hermosa carretera asfaltada y bordeada de adelfas y tarajes para ganar la ciudad de La Laguna, situada a 600 metros de altitud. Se detuvieron en algunos puntos del trayecto para observar los suelos basálticos descompuestos y algún barranco con secciones de corrientes lávicas, así como para admirar al mismo tiempo el magnífico golpe de vista sobre la capital y sobre la península de Anaga, la porción más antigua de Tenerife, objeto de la primera excursión.

Atravesaron la ciudad de La Laguna sin detenerse en ella, y siguieron por la carretera de Tejina, ornada de grandes eucaliptos, hacia el pueblecito de Las Mercedes, pasado el cual entraron en el frondoso bosque de Las Mercedes, para llegar a Cruz de Afur (973 metros), donde les aguardaban las caballerías.

Se detuvieron alguna vez en el trayecto para examinar cortes interesantes del terreno y, desde el Pico del Inglés, próximo a la Cruz de Afur, admirar la vista de conjunto sobre las costas de Anaga, los llanos de La Laguna y el macizo del Teide.

Montados en las caballerías o a pie siguieron el camino sobre la cumbre en plena región de Taganana, de característica topografía y gran variedad petrográfica, para llegar, a las dos de la tarde, a El Bailadero, lugar pintoresco, donde se almorzó y descansó.

Después del almuerzo, descenso al pueblecito de San Andrés, donde se hallaban unos vaporcitos que les condujeron a Santa Cruz de Tenerife, adonde llegaron a las ocho de la noche.

Antes de volver a bordo para cenar y descansar, fueron al Casino, donde el Presidente, Ingeniero de

Montes D. Arturo Ballester, les obsequió con un champagne de honor.

Mayo, 10. Salieron en autos a las nueve de la mañana, y después de dar una vuelta por la capital se dirigieron, acompañados por el Sr. Alcalde y el Director del Instituto de esta ciudad, a La Laguna, donde esperaban las restantes autoridades, que les acompañaron en la visita a la población y sus interesantes edificios y monumentos. Visitaron detenidamente el Instituto de segunda Enseñanza con sus colecciones y laboratorios, que son un verdadero modelo, siendo al final obsequiados por el Sr. Director y Catedráticos con un vino de honor. Desde allí fueron conducidos al lugar denominado Llano de los Viejos, en pleno bosque de Las Mercedes, y examinaron un interesante corte del terreno y la galería de que principalmente se surte de agua La Laguna, muy instructiva para el estudio del régimen hidrológico de la región.

La Municipalidad de La Laguna presentó en este lugar un cuadro de danzas, luchas y cantos característicos del país.

Acto seguido emprendieron el regreso a La Laguna, donde tenía preparado el Cabildo un banquete, con asistencia del Gobernador y del Prelado.

Después de almorzar salieron con dirección a La Orotava, en automóviles en que les vinieron a buscar las autoridades de dicho lugar y del Puerto de La Cruz, pasando por Tacoronte, El Sauzal, La Matanza, pueblo así llamado por la derrota que en el barranco de Acentejo infligió Tinguaro, reyezuelo o mencey del reino de Taoro, a los españoles del conquistador Alonso de Lugo y sus aliados los guanches del mencey de Güímar. Cruzaron después por La Victoria,

donde poco después Lugo vengó la derrota de Acentejo y apresó a Bencomo, concluyendo con esta victoria la conquista de Tenerife (1495); y, por último, atravesaron el pueblecito de Santa Úrsula y, a una vuelta de la carretera, apareció en toda su esplendidez el valle de La Orotava, paisaje de fama mundial. Dice la tradición que el gran Humboldt, al llegar a este punto y contemplar por vez primera el maravilloso espectáculo, cayó de rodillas exclamando: «¡He aquí lo más delicioso que existe en el mundo!»

Abandonaron luego la carretera general para descender al Jardín Botánico, donde llegaron a las seis de la tarde. Después de visitar esta interesantísima instalación, la Cámara Agrícola de La Orotava obsequió allí mismo a los excursionistas con un espléndido champagne de honor.

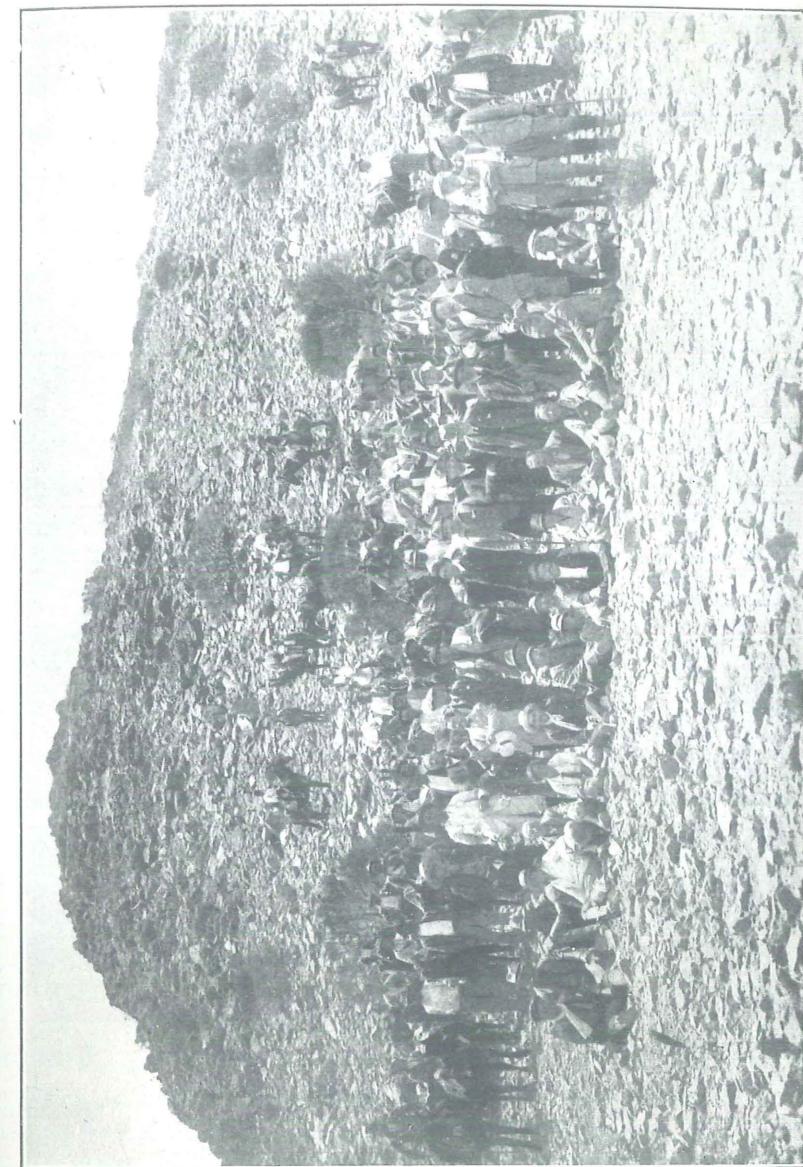
Acto seguido regresaron al Hotel Taoro, magnífico edificio rodeado de parque, emplazado en lugar dominante, a 100 metros de altitud, sobre el «malpais» (corriente lávica) de un volcán reciente.

Mayo, 11. Salida en automóviles, a las ocho de la mañana, para subir a Agua Mansa, donde vieron formas de retracción de la toba ígnea antigua y los materiales eruptivos por donde surgen la mayor parte de las aguas que fecundizan el riquísimo valle de La Orotava. Descendieron al pueblo de La Orotava, visitando la población y la iglesia parroquial, y viendo las preciosas alfombras de flores, obra típica de la localidad, que se preparan generalmente para la festividad del Corpus, pero entonces compuestas en obsequio de los Congresistas. Desde allí fueron a Puerto de la Cruz, donde les obsequió con un banquete el

Cabildo de La Orotava, en el Hotel Martíánez, asistiendo al mismo el Prelado y el Gobernador.

Por la tarde se hizo la excursión por la banda Norte de Tenerife. La carretera se desarrolla en alta cornisa sobre el mar por las vertientes septentrionales del Teide, que está a la vista, casi constantemente, en los treinta y tantos kilómetros de recorrido, atravesando grandes zonas de cultivo de plátano y cortes de terreno interesantes. Llegaron a Garachico, donde visitaron la corriente lávica (basáltica) de la erupción de 1706, procedente del volcán Montaña Negra, situado a siete kilómetros de la costa. Esta corriente se precipitó en cascada destruyendo la mayor parte del pueblo y cegando el antiguo puerto, que era el único bueno de todo el litoral tinerfeño. Visitaron también la casa de Lamero, bello tipo de antigua vivienda canaria, a cuyos muros llegó la corriente sin derribarlos. De aquí fueron conducidos a casa de D. Juan Ponte, donde el Alcalde de Garachico invitaba a una merienda; y acto seguido continuamos hasta Icod, donde vieron el famoso Drago, y fueron invitados a un segundo té en el Casino, regresando después al hotel.

Mayo, 12. Salida en autos, a las seis de la mañana, por la carretera de Agua Mansa, y antes de llegar a este lugar, en el Lomo de Currás (vista muy instructiva sobre el valle) esperaban las caballerías. Pasaron primero el frondoso «Monte Verde», de brezos, laureles, pinos y hayas, siguieron un largo trayecto por una serie de malpaíses (los Llanos de Gaspar), subiendo más tarde por unas desiguales corrientes lávicas, muy penosas, para desembocar, por fin, en el Circo de las Cañadas, por el Portillo de la Villa, desde donde por



Excursión al Teide. — Descanso en la Degollada de la Fortaleza.

primera vez se contempla el Teide completo y el circo en cuyo centro se yergue. Continuaron un rato más, hasta llegar a la Estancia de la Cera, a las once, con parada para almorzar y descansar hasta las tres.

La senda está abierta en unos lápilis de color claro, dejando a derecha e izquierda conos modernos. Más tarde atravesaron las canteras, hoy abandonadas, de piedra pómez, entre Montaña Blanca y las faldas del pico propiamente dicho, donde abundan las bombas obsidiánicas negras, a veces de varios metros de diámetro y que destacan bruscamente sobre el suelo blanco pumítico.

Llegados al pie del pico, a 2.680 metros sobre el nivel del mar, queda hasta llegar a la casa refugio de Alta Vista lo más penoso de la jornada. Hicieron gran recolección de piedra pómez y de obsidianas irisantes. La corpulenta retama de las Cañadas empieza a estar en flor, embalsamando y animando el paisaje. Entre los lápilis pumíticos se desarrolla abundante la violeta del Teide, que crece hasta en las alturas de 3.500 metros.

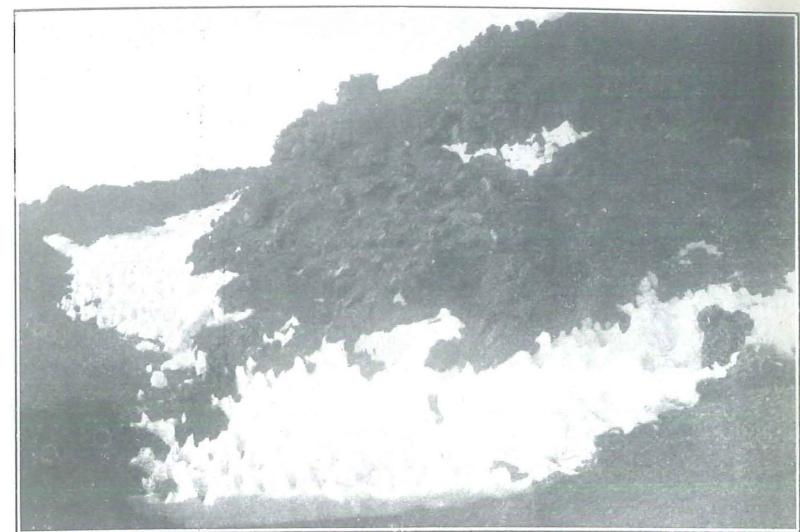
Esta última parte del camino se desarrolla sobre un plano de lavas antiguas fuertemente inclinado, el Lomo Tieso, comprendido entre dos malpaíses recientes, desprendidos del cráter de la Rambleta. La senda hace unos doscientos zigzags hasta llegar al refugio de Alta Vista, emplazado en un pequeño rellano, a 3.290 metros de altitud. A los 2.920 metros la senda pasa por un grupo de bombas y grandes bloques de obsidiana, conocida con el nombre de «Estancia de los Ingleses», y poco más arriba, otra acumulación análoga conocida por la «Estancia de los Alemanes», llegando por fin a Alta Vista, a eso de

las seis de la tarde. Estas estancias eran el lugar donde pernoctaban los excursionistas antes de que por iniciativa de Mr. Tholer se construyera el actual refugio de Alta Vista.

Debemos hacer constar que los caminos de Tenerife, como los de las otras islas recorridas, que se encontraban algunos en pésimo estado, han sido cuidadosamente arreglados en lo posible con objeto de facilitar las excursiones de los Congresistas, que gracias a esto han podido hacer un viaje tan largo y difícil como su excursión representa, sin el menor incidente y con relativa comodidad. A esta labor preparatoria han contribuido los Cabildos insulares, algunos Municipios (muy especialmente el de La Orotava), las Jefaturas de Obras Públicas y de Montes, y, en fin, cuantos han podido prestar alguna ayuda. Debemos también dar las gracias a particulares, que, como D. Amado Zurita y D. Casiano García, en Tenerife; D. Alonso Pérez Díaz, en La Palma, y D. Simón Benítez, en Gran Canaria, han abandonado sus habituales ocupaciones para hacer los preparativos que han asegurado el éxito de la excursión.

El refugio estaba muy bien acondicionado, con literas o camas en número suficiente para todos los que iban, provistas de colchones y mantas. Este refugio consiste en una larga nave cubierta con bóveda de cañón y dividida transversalmente en tres habitaciones independientes. Hay además otra habitación adosada al refugio que se utilizó como cocina y para alojamiento de arrieros.

Admiraron una bellísima puesta de sol, viendo correr la sombra del Teide sobre el mar en dirección a la Gran Canaria, después de lo cual cenaron y se



Teide. — Pilón de azúcar. — Efecto de nieve.



Teide. — Lomo Tieso. — Bomba estallada.

acostaron temprano para prepararse a la madrugada del día siguiente. Han pasado la noche en Alta Vista 41 excursionistas, 53 guías y arrieros y 72 caballerías.

Mayo, 13. Empezaron la última parte de la ascensión a las tres de la mañana, iluminados con faroles, con el fin de llegar a la cumbre antes de la salida del sol, lo que consiguieron, pudiendo así admirar uno de los espectáculos más grandiosos e inconcebibles. Tuvieron además la suerte de que las condiciones de diafanidad de la atmósfera eran tan excepcionalmente buenas que pudieron ver las islas de Fuerteventura y Lanzarote, caso que se da con singular rareza. Admiraron el espectáculo de la sombra del Teide envolviendo a las islas de Gomera, Hierro y La Palma a la salida del sol.

Se celebró la ascensión con una copa de champagne, y después de dar lugar a la visita del cráter, activación de las fumarolas y recogida de muestras (azufres, eflorescencias salinas, ópalos, rocas alteradas, etc.), se procedió al descenso a Alta Vista, donde desayunaron, y acto seguido emprendieron el regreso. En el camino, ya cerca del refugio, una senda accidentada lleva a la Cueva del Hielo; es una gran cavidad natural del basalto donde todo el año se conserva hielo y que durante la visita estaba muy vistosa, con montones de nieve que aun conservaba y con grandes y caprichosas estalactitas de hielo.

Atravesando ahora las cañadas, muy interesantes, de las Arenas y la Fortaleza, llegaron al mediodía a la degollada de la Fortaleza, donde almorzaron, y después bajaron por la senda que se desarrolla sobre la ladera de Tigaiga y desde donde se disfruta la vista más completa del valle de La Orotava, a

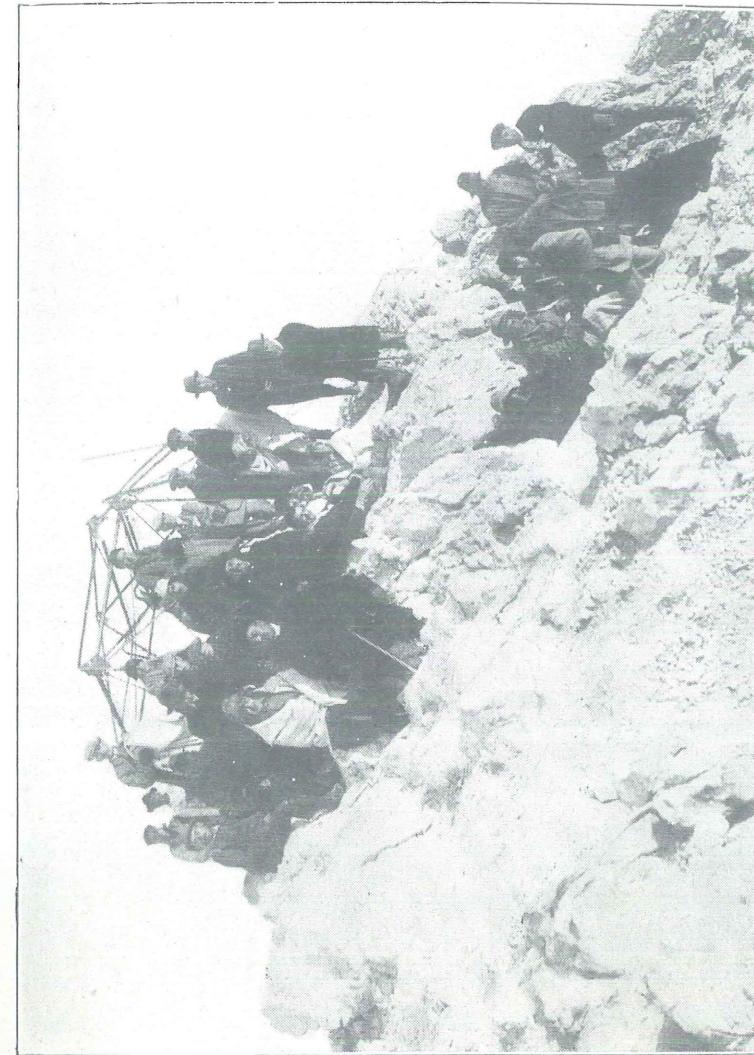
Icod el Alto y de aquí al Realejo, donde tomaron los automóviles para regresar al hotel.

En el hotel esperaban todas las autoridades de la isla para despedirlos con un champagne de honor, haciendo en el acto uso de la palabra el ilustrísimo Sr. Prelado de La Orotava, el Excmo. Sr. Gobernador, el Presidente del Cabildo, Sir John Smith Flett, M. Marcel Solignao y D. Lucas Fernández Navarro, después de lo cual cenaron y embarcaron en el puerto de la Cruz, en medio de una manifestación popular imponente.

Mayo, 14. Llegaron al amanecer a Santa Cruz de la Palma. A las siete vinieron a bordo las autoridades, y a las ocho fueron en los autos al Ayuntamiento, donde sirvieron un espléndido desayuno. Acto seguido procedieron a la visita del pueblo, la iglesia y el precioso Museo-Biblioteca.

A las diez salieron en autos por la carretera del Sur, y al llegar a la Concepción, se detuvieron unos minutos para admirar la vista que se disfruta desde el risco de dicho nombre, gran acantilado sobre el mar desde el que se domina un antiguo volcán, toda la bahía de Santa Cruz, la población y un magnífico paisaje por tierra, limitado por los extensos pinares de la cumbre. Siguieron el itinerario por las Breñas y Mazo, deteniéndose diferentes veces para examinar las corrientes lávicas de fecha histórica (erupción de 1646) y recoger muestras, llegando, a las once, al pintoresco pueblo de Fuencaliente, donde visitaron el hermoso volcán de San Antonio (erupción de 1677).

Las autoridades de la isla habían preparado un suculento almuerzo en un cráter antiguo, bajo los pinos



Pico del Teide.

de Fuencaliente; pero por la inseguridad del tiempo, hubieron de tomarlo en el mismo pueblo.

A las catorce emprendieron de nuevo la marcha, deteniéndose repetidas veces para observar las diversas ramas de las corrientes lávicas históricas del Charco (1725) y Tacanda (1585); y llegaron al pueblo de Los Llanos, donde fueron obsequiados con un espléndido té. Atravesaron los pueblos de Argual y Taracorte, bajando al puertecito de este último, que es la desembocadura del barranco de Las Angustias, canal de desagüe de la caldera de Taburiente.

Después de examinar la disposición de los materiales sedimentarios, y sin poder disfrutar por entonces de la vista de la caldera, a causa de una fuerte condensación atmosférica, regresaron a Los Llanos, donde fueron muy bien alojados en casas particulares y obsequiados por las autoridades con un espléndido banquete en el Ayuntamiento.

Mayo, 16. Salieron, a las seis de la mañana, en los automóviles hasta El Paso, donde montaron en las caballerías para subir por el río a la gran caldera de Taburiente, llegando perfectamente a la Cumbrecita.

Descendieron a El Paso, donde les sirvieron un champagne de honor, y emprendieron el regreso a Santa Cruz de la Palma, donde el Cabildo les obsequió con un soberbio banquete de despedida, con asistencia de las autoridades y personalidades importantes de la isla. En dicho banquete se proclamó a D. Lucas Fernández Navarro hijo adoptivo de la isla de la Palma.

A media noche zarpó el *Jaime II* para Gran Canaria.

Mayo, 16. Llegaron al Puerto de la Luz a eso de las once. En el muelle estaba una representación de la Junta del Museo Canario de Las Palmas.

Esperaban en el Hotel Metrópole las autoridades, y después de los saludos de rúbrica y de proceder a la instalación de los excursionistas, fueron a visitar el hermoso Museo Canario, institución cultural con recursos propios, que acaba de hacer una magnífica instalación. Tiene una excelente biblioteca y colecciones de todos los ramos de la Historia Natural, sobresaliendo entre ellos las geológicas y mineralógicas, clasificadas y ordenadas por el Sr. Fernández Navarro, y sobre todo las etnográficas, con una serie de cráneos guanches, única en el mundo, estudiada y ordenada por el Dr. Vernau, la mayor autoridad actual en la materia. Al terminar la visita fueron obsequiados con un vino de honor.

Desde el Museo salieron en automóviles para almorzar en el hotel de Santa Brígida, almuerzo organizado por el Cabildo insular.

En seguida de almorzar volvieron a montar en los coches para realizar la excursión a la Cruz de Tejeda, pero al llegar al lugar donde las caballerías esperaban, el mal tiempo les impidió llevarla a cabo; en vista de ello se organizó en los coches la excursión por Telde, visitando la caldera de Bandama, las canteras de «canto blanco» (toba ígnea submarina) y la corriente lávica de una erupción de fecha moderna, pero desconocida (Finamar).

» 17. Por la mañana temprano, después del desayuno, visitaron la playa de Santa Catalina, las Alcaraveneras y Las Rehoyas, localidades próximas a Las Palmas, que permiten estudiar las mesetas sedimen-



Gran Canaria. — Cuevas de guanches en Cuesta de Silva.

tarias fosilíferas, las formaciones de dunas y la curiosa isleta unida al resto de Gran Canaria por el istmo arenoso reciente de Guanarteme. Se reconocieron fósiles muy variados.

Volvieron a subir a los coches, que les condujeron primeramente a Teror y luego a Moya, donde almorcizaron.

Después del almuerzo fueron en los coches hasta Guía, deteniéndose en el camino para visitar las celebradas cuevas de la Cuesta de Silva, abiertas en una capa de toba volcánica y que parecen haber servido de habitación a los guanches. Desde Guía, donde también fueron obsequiados por las autoridades, se dirigieron a Arucas, donde se visitaron las importantes canteras de piedra azul, toba ígnea de naturaleza traquítica, que es el material más apreciado para la construcción en Tenerife; y después de tomar el té en el precioso jardín del Sr. Gourie y ser obsequiados en el Ayuntamiento con unos refrescos, tomaron de nuevo los autos, que les llevaron al muelle, donde estaba atracado el *Jaime II*.

Llegaron a bordo, y allí les despidieron las autoridades. Todos los excursionistas, encantados del viaje, tan instructivo desde el punto de vista geológico como ameno por las innumerables atenciones de que las autoridades y el pueblo todo les han hecho objeto.

Mayo, 18 y 19. A bordo.

» 20. De madrugada dieron vista a las costas de la Península, y estuvieron cruzando frente a Chipiona para esperar la marea. Remontaron el Guadalquivir para llegar a Sevilla a las trece.

Allí coincidimos con los excursionistas de Marrue-

cos, los de Linares y Huelva y con los de la falla del Guadalquivir. Por la noche hubo una buñolada y baile en la caseta del Círculo de Labradores, organizada por el Ayuntamiento en honor de los Congresistas.

- Mayo, 21. Por la mañana se visitó la población, y a las once hubo recepción en el Ayuntamiento. Por la tarde, visita en autos al Parque de María Luisa, edificios de la futura Exposición y corta de Tablada, y luego la clásica excursión por el Guadalquivir hasta más allá de Coria, obsequio del Ayuntamiento. Por la noche, fiesta típica andaluza en Triana.
- » 22. Salida a las nueve y media de la mañana en tren especial para Madrid, adonde llegaron a las once de la noche.

EXCURSIÓN B-1

Minas de Almadén

Asistieron a esta visita los siguientes señores Congresistas:

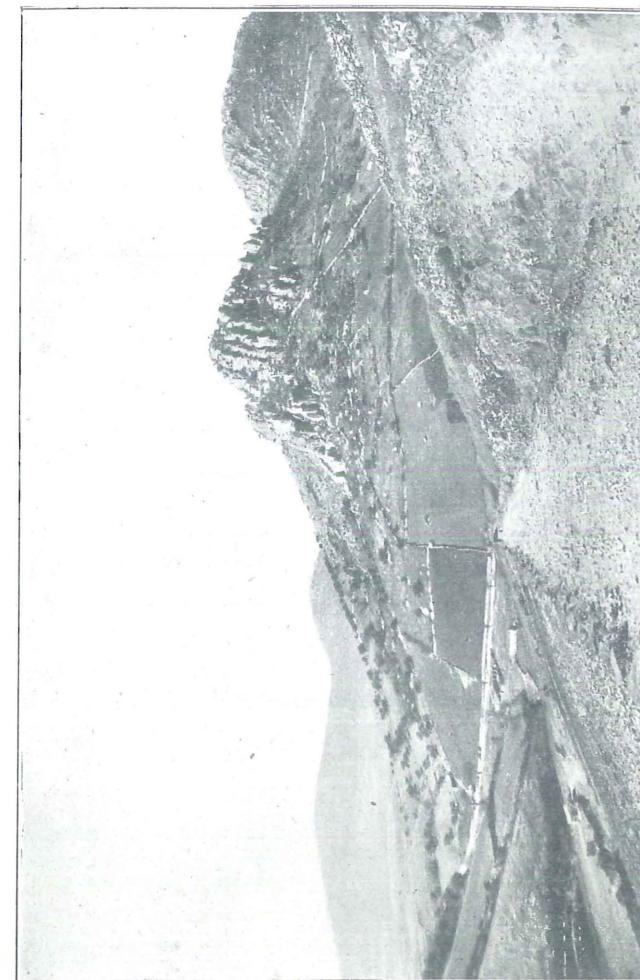
H. Fritz Herbert Alma (Alemania), H. Hugo Apfelbeck (Checoeslovaquia), H. Hans Arlt (Alemania), M. Et. Asselberghs (Bélgica), Mr. H. Foster Bain (E. U. N. A.), Mr. Alan, M. Bateman (E. U. N. A.), Mr. C. A. Bonine (E. U. N. A.), Mister Everend Lester Bruce (Canadá), M. A. Boldirev (Rusia), Mr. Per August Harald Carlborg (Suecia), M. Willy Custer (Suiza), Mohamed Bahgat El Chourbagy Bey (Egipto), Mr. Frank Dixey (Inglaterra), D. Carlos Doetsch (España), M. Paul Fallot (Francia), D. Mariano Faura y Sans (España), Mr. Henry Gardiner Ferguson (E. U. N. A.), M. Paul F.J. Fourmarier (Bélgica), H. Karl Goetz (Alemania), Mr. George W. Grabham (Sudán), Mr. John Walter Gregory (Inglaterra), Mr. Arthur Lewis Hall (Unión de África del Sur), Mr. George M. Hall (E. U. N. A.), Mr. D. F. Hewett (E. U. N. A.), H. Richard Jaffé (Alemania), Mr. James Furman Kemp (E. U. N. A.), M. Radim Kettner (Checoeslovaquia), Mr. A. E. Kitson (Costa de Oro), Mr. Maxwell M. Knechtel (E. U. N. A.), Mr. Andrew C. Lawson (E. U. N. A.), Mr. John C. Lind (E. U. N. A.), M. Maurice Lugeon (Suiza), Mr. William A. Macleod (E. U. N. A.), Mister Herbert Brantwood Maufe (Rodesia del Sur), M. Trajan I. Metianu (Rumania), Mr. Benjamin Leroy Miller (E. U. N. A.),

D. Antonio Montenegro (España), Mr. E. S. Moore (Canadá), Mr. George B. Merrill (E. U. N. A.), Mr. Yoshichika Oinouye (Japón), D. Alfredo d'Oliveira Machado e Costa (Portugal), Mr. Charles Palache (E. U. N. A.), H. Karl y Frau Margarethe von Papp (Hungría), M. Pierre Eugène y Mme. Pruvost (Francia), H. Heinz Psotta (Alemania), Mr. Terence Thomas Quirke (E. U. N. A.), M. le Baron de Radzitsky d'Ostrowich (Bélgica), Mr. J. J. Pannekoek van Rheden (Holanda), M. Emile Richet (Congo Belga), D. Remigio Rigal (Argentina), Mr. Hassan Sadek (Egipto), Sig. Ricardo Salvadori (Italia), H. Frederick Schumacher (Alemania), Mr. E. H. Sellards (E. U. N. A.), Mr. Matthew van Siclen (E. U. N. A.), Mr. Joseph T. Singewald (E. U. N. A.), M. Frantisek Slavik (Checoeslovaquia), D. José María Sobral (Argentina), H. Richard Stappenbeck (Alemania), M. Pierre Marie Termier (Francia), Mr. Thomas Leonard Walker (Canadá), Mr. M. E. Wilson (Canadá), Mr. Joseph y Mme. Milada Woldrich (Checoeslovaquia), Mr. Louis A. Wright (E. U. N. A.), Mr. Charles W. Wright (Italia), Mr. Bryce Kerr Nairn Wyllie (Inglaterra).

Fué director de la excursión el Sr. D. Primitivo Hernández Sampelayo, Ingeniero de Minas del Instituto Geológico de España, auxiliado en la mina por el Sr. D. Alfonso Sierra y Yoldi, Ingeniero Director del establecimiento, e Ingenieros a sus órdenes.

La excursión a las minas de Almadén se hizo en un tren especial, compuesto de coches-camas y vagón restaurant, que salió de Madrid a las siete y media de la tarde del día 26 de mayo, llegando en la madrugada del siguiente día a la estación de Chilón, donde quedó en una vía muerta para esperar el regreso de los excursionistas al anochecer del mismo día.

Después de tomar el desayuno en el vagón restaurant del tren especial, los Congresistas emprendieron el viaje en auto-



Anticlinal de cuarcitas.

móvil para las minas de Almadén, siendo recibidos a su llegada a la Casa Dirección de las minas por el Ingeniero Director Sr. Sierra, el personal facultativo del establecimiento y las autoridades de Almadén.

Dado el número crecido de Congresistas, se dividió la expedición en dos grupos, efectuando uno de ellos por la mañana el recorrido subterráneo para por la tarde reconocer la geología de la región que rodea a Almadén, mientras el otro grupo hacía ambas visitas en sentido inverso.

La visita de las minas consistió en bajar a los pisos inferiores de las mismas, donde recorrieron minuciosamente los tres gruesos bancos o capas de cuarcita siluriana impregnada de cinabrio y que recibe los nombres de Banco de San Pedro y San Diego, Banco de San Francisco y Banco de San Nicolás.

Los Congresistas recogieron gran número de muestras de rocas y minerales en el interior de la mina, así como en la Casa Dirección, donde había a su disposición un variadísimo muestrario de rocas, minerales y fósiles, preparado de antemano por los Ingenieros del establecimiento.

Los Sres. Sampelayo y Sierra hicieron una exposición detallada de las condiciones del criadero, originándose una animada discusión amistosa, en la que intervinieron varios de los Geólogos extranjeros especializados en el estudio de la génesis de yacimientos minerales.

Una vez visitada la mina, recorrieron los Geólogos el cerco de Buitrones, donde se verifica la destilación de los minerales.

Tuvieron ocasión de examinar varias de las interesantes operaciones que tienen lugar en estos hornos, tanto en los de tipo Bustamante como en las baterías de hornos Spirek.

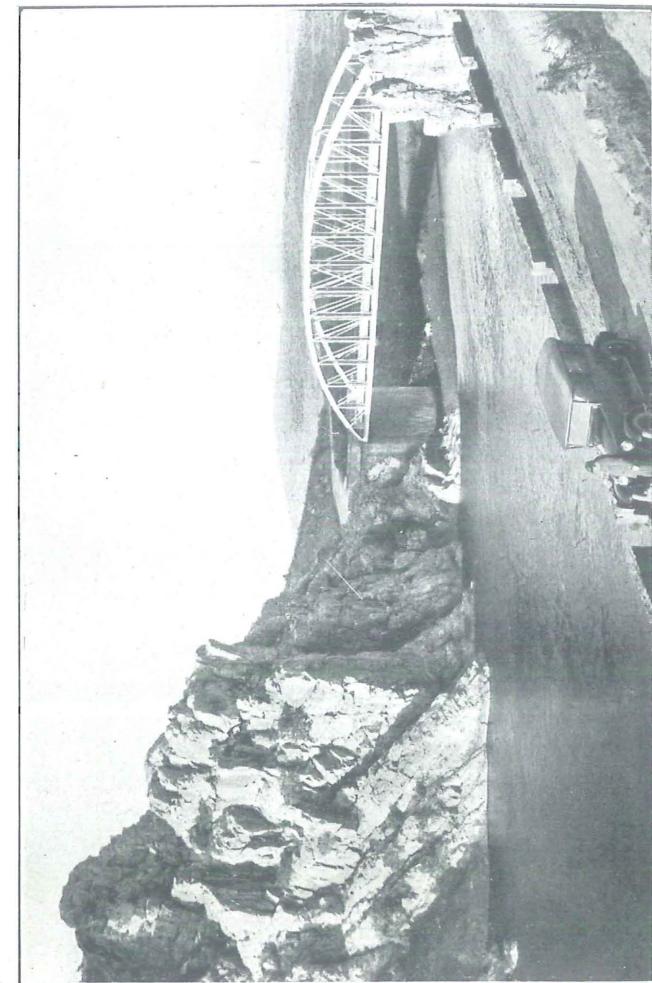
El almuerzo de los expedicionarios fué obsequio del Consejo de las minas de Almadén y Arrayanes, reinando en él la mayor animación y alegría. A la hora de los brindis pronunció uno muy elocuente, ofreciendo el agasajo y saludando a los

Congresistas visitantes de nuestra Patria, el Sr. D. Alfonso Sierra y Yoldi, Director de las minas. El Sr. Sampelayo, director de la expedición, agradeció en sentidas frases el alto interés demostrado por la dirección técnica del establecimiento Minas de Almadén, organizando la visita a las minas con tanto acogedor detalle, felicitándola, así como al personal a sus órdenes, por el acierto con que había sido todo dispuesto. A continuación hablaron algunos de los Congresistas de distintas nacionalidades para expresar su reconocimiento por las atenciones y agasajos con ellos tenidos.

Por la tarde los Congresistas que ya habían descendido a la mina recorrieron los alrededores de Almadén, constituidos únicamente por dos terrenos: el siluriano dominante y el devónico. En el siluriano inferior pudieron examinar los dos niveles de cuarcitas existentes, uno con cruzianas y otro sin ellas, que se caracteriza por ir unido casi siempre a las ampelitas con *monograptus*. En el piso de pizarras arcillosas pudieron hallar algunos *trilobites* correspondientes a la segunda fauna de Barrande. También encontraron en el nivel de ampelitas gráficas el *Monograptus Briodom* de la tercera fauna. Cerca de la población encontraron algunas hiladas de areniscas rojizas devonianas colmadas de fósiles.

Al caer de la tarde emprendieron los excursionistas el viaje de regreso hasta la estación, deteniéndose aún cerca de la línea del ferrocarril para examinar un anticlinal muy bien marcado de la cuarcita ordoviciense con algunos bilobites que precisan su edad geológica.

Después de un día de trabajo sumamente interesante, aunque algo fatigoso, regresaron los excursionistas completamente satisfechos de las enseñanzas obtenidas en el examen de las minas, pernoctando en el tren para llegar por la mañana a Madrid.



Anticinal de la cuarcita de Asnarón.

EXCURSIÓN B - 2

Guadarrama

Tomaron parte los siguientes señores Congresistas:

Mr. Fred James Alcock (Canadá), M. Henryk Arctowski (Polonia), Mr. Helge G. Backlund (Suecia), H. Theodor Benzinger (Alemania), M. Maurice M. Blumenthal (Suiza), Mr. C. A. Bonine (E. U. N. A.), M. Leon H. Borgstroin (Finlandia), D. Alejandro Borges y Sra. (Portugal), H. Axel y Frau Born (Alemania), Mr. P. S. H. Boswell (Inglaterra), Mr. Albert Brouwer (Holanda), Mr. Everend Lester y Miss Mary Violetta Bruce (Canadá), D. Rafael Candel Vila (España), H. Hans Cloos (Alemania), Mr. A. P. Coleman (Canadá), M. Gaston Georges Delépine (Francia), M. André Demay (Francia), Mr. Henry y Mrs. Bothild M. Dewey (Inglaterra), D. Carlos Doetsch (España), Mr. John W. Evans (Inglaterra), Mr. y Mrs. Henry Gardiner Ferguson (E. U. N. A.), M. Ernest Fleury (Portugal), Mr. Steinar y Mrs. Gleny Foslie (Noruega), Mme. Emilia Frances Noel (Inglaterra), M. Gustaf Frodin (Suecia), M. Axel Gavelin (Suecia), M. Walery Goetel (Polonia), D. R. Goetz-Philippi y Sra. (España), Mr. y Mrs. Marcos I. Goldman (E. U. N. A.), H. Gustav Götzinger (Austria), Mr. George M. Hall (E. U. N. A.), H. Edwin Hennig (Alemania), Mr. Olaf Holtedahl (Noruega), Mr. J. A. Howe (Inglaterra), H. Kurt Hucke (Alemania), Miss Mary S. Johnston

(Inglaterra), M. Jean Jung (Francia), Mr. A. E. Kitson (Costa de Oro), H. Erich Kaiser (Alemania), Mr. Maxwell M. Knechtel (E. U. N. A.), H. Franz Kossmat (Alemania), M. Stefan Kreutz (Polonia), M. C. Kuzniar (Polonia), M. Pierre Joseph Henri Lamare (Francia), Mr. A. C. Lawson (E. U. N. A.), Don Juan Lázaro Urra (España), M. Stanislaw Lencewicz (Polonia), M. F. Loewison-Lessing (Rusia), Mr. Edward B. Mathews (E. U. N. A.), Mr. Charles Alfred y Mrs. Annie Matley (Inglaterra), Mr. Benjamin Leroy Miller (E. U. N. A.), Mr. Emil Montag (Inglaterra), Mr. John C. G. Mules (Inglaterra), M. Jan Nowak (Polonia), M. le Baron François Nopcsa (Hungria), M. le Comte O'Gorman (Francia), D. Fernando d'Oliveira Mouta y Sra. (Portugal), D. Alfredo d'Oliveira Machado e Costa (Portugal), D. Domingo Palet (España), Mr. J. J. Pannekoek van Rheden (Holanda), M. Alexis Petrowich y Mme. Marie W. Pavlow (Rusia), H. Wilhelm y Frau Hildegard Petrascheck (Alemania), H. Kurt Pietzsch (Alemania), M. Benjamin Poliakoff (Polonia), M. Ion Popescu-Voitesti (Rumania), Mr. y Mrs. Sidney Powers (E. U. N. A.), Mr. Therence Thomas Quirke (E. U. N. A.), Mr. Thomas Reinhold (Holanda), M. Zygmunt Rozen (Polonia), H. Ludwig Schehrer (Alemania), H. Hans Scupin (Estonia), M. Jakob Johannes Sederholm (Finlandia), Mr. E. H. Sellards (E. U. N. A.), D. B. Serradell (España), Mister Joseph T. Singewald (E. U. N. A.), M. Marcel Solignac (Túnez), M. Rodolphe y Mlle. Margrit Staub (Suiza), H. Gustav Steinmann (Alemania), H. Franz Eduard Suess (Austria), M. Bohdan Swiderski (Polonia), M. Jules von Szádeczky (Rumania), Mr. Pieter Tesch (Holanda), H. Johannes Walther (Alemania), H. Fritz Weg (Alemania), Mr. Bryce K. N. Wyllie (Inglaterra), Mr. y Mrs. M. E. Wilson (Canadá), H. Wilhelm Wolff (Alemania), H. Adolf Wurm (Alemania), M. Viktor Zsivny (Hungria).



Circo de la laguna de Peñalara.



La última morrena de Peñalara.



Pedriza de Manzanares. — Los Pinganillos.



Pedriza de Manzanares. — Peña del Diezmo.

El domingo día 30 se verificó esta excursión, dirigida por los Profesores D. Juan Carandell y D. José Obermaier. Los expedicionarios salieron en automóviles, a las ocho de la mañana, del edificio del Congreso Geológico, llegando a Navacerrada a las diez, visitando el bosque de Balsaín y el macizo de Peñalara, aun nevado. Un grupo de expedicionarios permaneció a la hora del almuerzo en los alrededores de la Laguna, y otros, con los directores de la excursión, fueron a la hoyo de «Pepe Hernández», célebre por su paisaje clásico de glaciarismo fósil.

A las cinco de la tarde, el Club Alpino Español les obsequió con un té en su nuevo *chalet* de Navacerrada, que llamó poderosamente la atención de los extranjeros, por su elegancia y comodidad. Hizo los honores la Directiva del Club, en la que figuraban D. Manuel Amezúa y el arquitecto del *chalet*, D. Aurelio Botella, y buen número de señoras, que atendieron amablemente a las damas extranjeras.

Un grupo regresó directamente a Madrid, haciéndolo otro por Manzanares, donde admiraron el Castillo de Santillana y las formas gigantescas de la Pedriza.

EXCURSIÓN B - 3

Aranjuez

Asistieron los siguientes señores:

Mister Fred Alcock (Canadá), Mr. C. A. Bonine (E. U. N. A.), Mr. Everend Lester y Miss Mary Violetta Bruce (Canadá), don Rafael Candel Vila (España), M. Willy Custer (Suiza), Miss Edna Chown (Canadá), Mr. Henry y Mrs. Bothild M. Dewey (Inglaterra), Mr. y Mrs. Henry Gardiner Ferguson (E. U. N. A.), Mr. y Mrs. Marcos I. Goldman (E. U. N. A.), H. Gustav Götzinger (Austria), Mr. George M. Hall (E. U. N. A.), H. Wilhelm Henke (Alemania), H. Edwin Hennig (Alemania), Miss Mary S. Johnston (Inglaterra), H. Erich Kaiser (Alemania), Mr. Maxwell M. Knechtel (E. U. N. A.), H. Ernst Kraus (Letonia), D. Juan Lázaro Urra (España), M. Gabriel de László (Hungria), M. Stanislaw Lencewicz (Polonia), M. François y Mme. Barbe Loewison-Lessing (Rusia), Mr. Victor Madsen (Dinamarca), Mr. y Mrs. Edward B. Mathews y Miss Mary Mathews (E. U. N. A.), Mr. Ch. A. Matley (Inglaterra), Mr. E. S. Moore (Canadá), M. Dimitri y Mme. Mouchkétoff y Mlle. Haline Mouchkétoff (Rusia), Mr. John C. G. Mules (Inglaterra), Mme. Emilia Frances Noel (Inglaterra), D. Alfredo D'Oliveira Machado e Costa (Portugal), Mr. J. J. Pannekoek van Rheden (Holanda), M. Ion Popescu-Voitesti (Rumania), Mme. Annie Quensel (Suecia), Mr. Thomas Reinhold (Holanda), M. Zygmunt

Rozen (Polonia), Mr. Hassan Sadek (Egipto), Mr. Joseph T. Singewald (E. U. N. A.), Mr. I. C. Sun (China), H. Johannes Walther (Alemania), H. Rudolf y Frau Wedekind (Alemania), H. Georg Wegener (Alemania), Mr. y Mrs. M. E. Wilson (Canadá), M. Joseph y Mme. Milada Woldrich (Checoeslovaquia), Mr. Bryce Kerr Nairn Wyllie (Inglaterra.)

Fueron como directores de la excursión los señores don Eduardo y D. Francisco Hernández-Pacheco.

Una de las características geológicas de la Península española es la gran extensión que ocupan las formaciones del terciario de facies continental, cubiertas en grandes extensiones por vegetación esteparia, a causa de la constitución litológica del terreno (en gran parte yesifero), en combinación con el régimen climatológico.

Situado Madrid precisamente en el contacto de los aluviones cuaternarios procedentes de la cordillera central con los terrenos miocenos que forman la llanura que se extiende lejos hacia el Sur, constituye excelente punto de partida para realizar una excursión de conjunto a la formación terciaria inmediata. Esto motivó que el Comité organizador del Congreso dispusiera que durante los días de la celebración de las sesiones se efectuase una expedición de un día al territorio mencionado, incluyendo en ella la visita a los jardines y Reales Palacios de Aranjuez, en donde podría efectuarse la comida del mediodía. Se encomendó el estudio previo de la excursión, el plan del itinerario y la redacción de la Guía correspondiente al Profesor de Geología de la Universidad Central señor Hernández-Pacheco (D. Eduardo) y al Auxiliar de Geografía física del mismo centro docente D. Francisco Hernández-Pacheco, en atención a los trabajos que acerca de la geología y fisiografía de las formaciones miocenas de la Península habían realizado.



Espartinas.

El itinerario escogido y su descripción es el que se expone en el libro-guía correspondiente a la excursión B-3, redactado por los Geólogos mencionados y publicado para uso de los Congresistas.

La excursión, tal como se organizó y se describe en la Guía mencionada, comprendía las siguientes finalidades:

a) Reconocimiento de los diversos horizontes del mioceño de facies continental que se observan en la cuenca terciaria de Castilla la Nueva.

b) Particularidades mineralógicas de la formación: yesos pseudomórficos, sales sódicas, etc.

c) Fisiografía del territorio: climatología, régimen fluvial, terrazas cuaternarias, formas típicas del relieve (llanura baja o campiña, cuesta y páramo).

d) Vegetación espontánea de la comarca: formaciones vegetales de estepa y de valle (vegas y sotos), cultivos característicos del país.

e) Industrias típicas de carácter geológico: explotaciones de yeso, salinas de Espartinas, fabricación de tinajas, canteras de caliza de Colmenar.

La parte artística y que pudiéramos llamar de turismo estaba atendida con la visita a los espléndidos jardines y bellos Palacios Reales de Aranjuez, y la visita de los pueblos con típico carácter castellano de Colmenar de Oreja, Chinchón y Ciempozuelos, con sus antiguas y pintorescas plazas, industrias populares de carácter local, etc., con lo cual se introducía en la excursión un cierto carácter etnográfico.

La expedición se realizó el día 29 de mayo de 1926. Reunidos los excursionistas, a las ocho y media, en el local donde se celebraban las sesiones del Congreso, se les repartió a cada uno el libro-guía redactado en español, y, además, un resumen de éste en francés, inglés o alemán, con indicaciones precisas respecto a los grabados y mapas, lugares de parada y

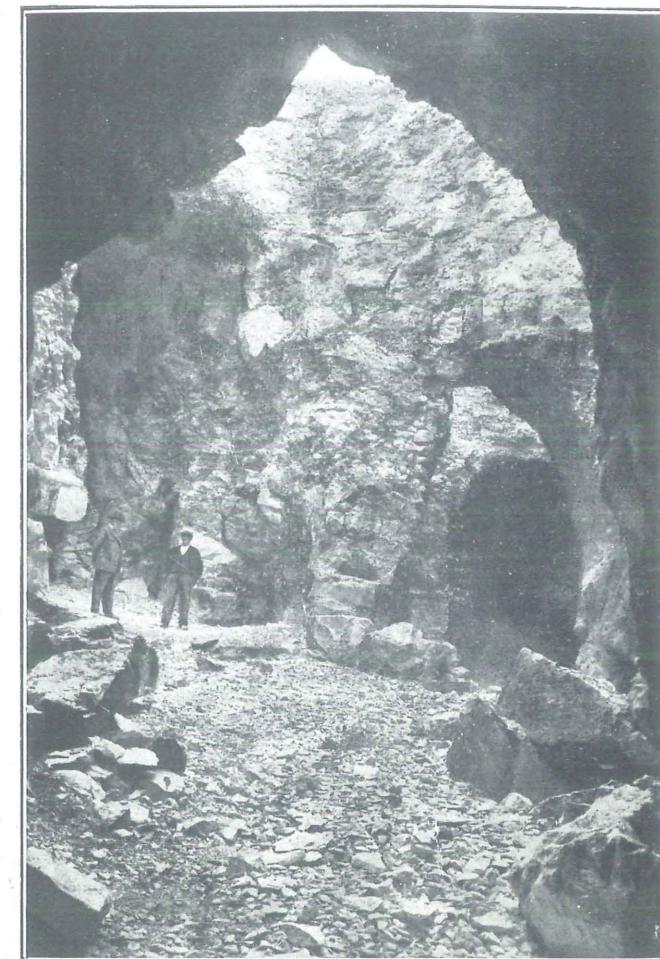
demás indicaciones explicativas del itinerario. Ocuparon los expedicionarios tres grandes autobuses de turismo que seguían a un automóvil ocupado por algunos Congresistas, y entre ellos el Profesor Hernández-Pacheco, director de la expedición. En el autobús de retaguardia iba el otro autor del libro-guía, el Sr. Hernández-Pacheco (hijo), y en los autobuses intermedios, en uno, el ayudante de la Cátedra de Geología de la Universidad Sr. Aranegui y Coll, encargado de dar a los ocupantes del vehículo, en su mayoría ingleses y norteamericanos, las explicaciones en inglés que le demandaran durante la marcha, mientras que en el otro, cuyos ocupantes eran en gran parte alemanes, desempeñaba análogas funciones el Profesor del Instituto-Escuela Sr. Oswaldo Jahns, de nacionalidad alemana.

Se partió a las nueve en punto de la mañana por la carretera de Madrid a Cádiz. Se observaron, al pasar, los cortes del terreno inmediatos a la capital, correspondientes al mioceno y cuaternario, en donde, con motivo de exploraciones para la edificación, aparecieron vertebrados terciarios y cuaternarios con yacimientos de industria paleolítica.

El primer sitio de parada fué a 13 kilómetros de Madrid, al pie del cerro de los Angeles, pequeño testigo de erosión con cumbre plana ocupada en parte por espesa capa de silex, calcedonia y sepiolita, sobre otra de margas verdosas, las cuales a su vez reposan sobre la formación margosa, en extremo yesífera, de la llanura, en la que destaca el cerro de los Angeles, al cual la creencia popular considera el centro de España.

En una de las canteras situadas al pie del cerro y junto a la carretera, se examinaron y recogieron ejemplares de interesantes cristales pseudomórficos de yeso, respecto a cuya génesis se han emitido diversas hipótesis.

Desde la cantera se siguió en los automóviles la carretera general, avanzándose por la llanura margoso-yesífera, pasán-



Canteras de caliza de Colmenar de Oreja.

dose en el kilómetro 20 cerca del pueblo de Pinto y en el 26 se atravesó por su extremo el de Valdemoro, pueblos ambos con típico carácter castellano. Pasada la última de estas localidades se observó a la izquierda el amplio valle del Jarama, al que se descendió por la llamada Cuesta de la Reina, siguiéndose después, en un trayecto de unos tres kilómetros, remontando el valle, por una pequeña carretera, hasta las salinas de Espartinas, donde se hizo la segunda parada.

El paisaje de los barrancos de Espartinas es árido y estepario, y su constitución litológica, si bien típica, monótona, por estar constituido exclusivamente por margas muy yesíferas. Se visitaron los manantiales y galerías abiertos en la ladera, por los que fluyen las aguas cargadas de sales sódicas, recogiéndose algunos cristales de thenardita y especialmente de glauconita; se visitaron las diversas instalaciones de las salinas y se observó el mecanismo del depósito de las distintas sales sódicas del yacimiento y los métodos primitivos y rudimentarios de explotación que hacen que estas viejas salinas constituyan un interesante ejemplo de arqueología minera.

La excursión continuó atravesándose el valle y el río Jarama, por el hermoso puente de caliza blanca miocena, llegándose a las arboledas y jardines de Aranjuez cerca del mediodía.

Los automóviles se detuvieron a las puertas del Palacio Real, visitándose detenidamente los diversos salones y admirándose los cuadros y demás obras de arte que los llenan. Se pasó después al llamado Jardín de la Isla, que se visitó a pie, apreciándose la belleza de sus monumentales fuentes y artísticos grupos escultóricos que decoran este jardín de esplendidas avenidas de grandes árboles y de bella y frondosa vegetación, jardín rodeado por las aguas del Tajo y por un amplio canal que sigue la cuerda del meandro.

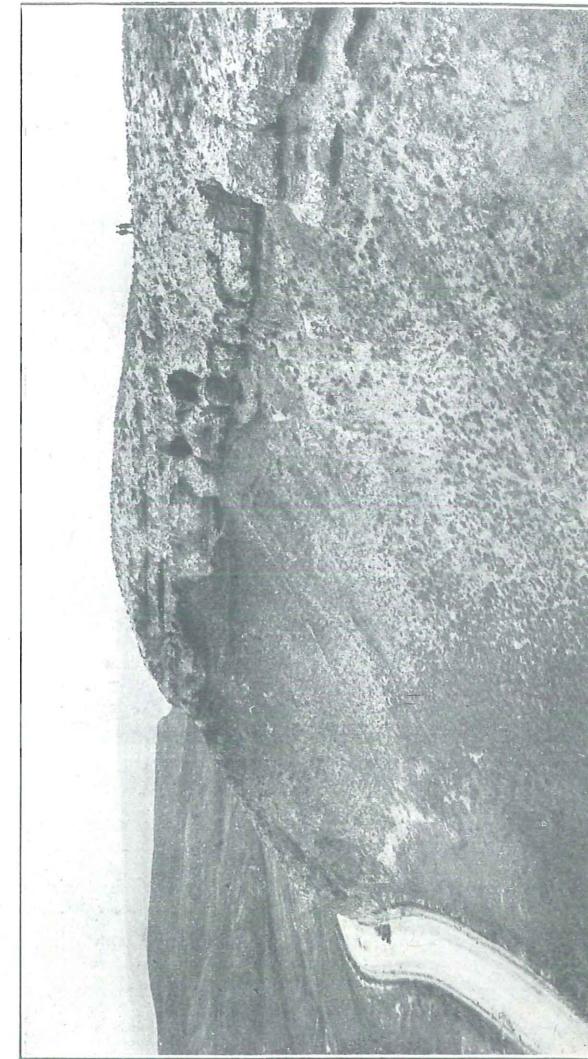
Después del agradable paseo se sirvió la comida en amplia

galería adornada de rosales, junto a los jardines. Al descarcharse el champagne, el director de la excursión dirigió una afectuosa salutación a los concurrentes, congratulándose de la concordia y compenetración amigable de ideales científicos que reinó en todos los actos del Congreso, y, haciéndose intérprete del sentir de los asistentes al acto, expresó el agradocimiento para con S. M. el Rey por las facilidades que había dado para el acto que se realizaba en sus reales posesiones. Los representantes de Alemania, Holanda, Inglaterra, China, Rumania y de otros países, como también el de la Prensa madrileña, que asistía al acto, hablaron y se expresaron en frases amables para los Geólogos españoles y para España, que con tanta generosidad los había acogido y obsequiado.

Después del almuerzo volvieron a ocuparse los vehículos y en ellos se visitaron las grandes avenidas del parque denominado Jardín del Príncipe, llegando al palacio denominado «Casa del Labrador», cuyas lujosas dependencias y artísticas obras de arte fueron examinadas y admiradas.

Próximamente a las cuatro de la tarde se reanudó la parte científica de la excursión, remontando los automóviles el Tajo por la margen derecha, pasando por las terrazas cuaternarias, ocupada la inferior por cultivos hortícolas y las superiores por extensos viñedos. En la margen izquierda del río se veían los altos escarpes yesíferos de Oreja, del disímétrico valle del Tajo.

Al torcer la carretera hacia el Noreste se abandonó la fértil vega del Tajo y se penetró en el barranco de San Juan, donde la estepa yesosa tiene su más acentuado aspecto de aridez y soledad. Se pasó, sin tiempo para detenerse mucho en el examen, por las cuevas y habitaciones troglodíticas excavadas por los pueblos de época prehistórica, en la zona alta de la ladera yesosa del valle. Se pasó junto a la cantera de yeso del nivel de las margas superiores del mioceno y se ascendió por



El valle de San Juan, con las cuevas de carácter prehistórico, en las margas yesíferas entre Aranjuez y Colmenar de Oreja.

el barranco al pueblo de Colmenar de Oreja, edificado en el mismo borde del páramo.

A la entrada de la villa, en el lugar donde están los yacimientos de arcillas para la fabricación de tinajas, se hizo alto y se descendió de los vehículos. Allí esperaban el Alcalde y demás autoridades, quienes saludaron atentamente a los Congresistas.

Se estudiaron sobre el terreno los diversos niveles litológicos que constituyen el piso pontiense del mioceno, allí bien representados, recolectándose los fósiles característicos de los niveles de la caliza blanca marmórea que corona la formación del terciario continental. Se examinaron después las diversas manipulaciones que se hace experimentar a la arcilla plástica hasta disponerla para su conservación en buen estado de humedad en las profundas galerías subterráneas de las fábricas de tinajas.

Acompañados los excursionistas del Alcalde y personas significadas de la localidad, se visitaron las inmediatas fábricas de las colosales vasijas mencionadas, y a continuación las cercanas bodegas, entonces abarrotadas del excelente vino de la tierra. Dando un corto paseo por las características calles de Colmenar, y dando un vistazo, al pasar, al interior de alguna típica y antigua casa de labor, se llegó al Ayuntamiento, en cuyo salón de sesiones se tenía dispuesto el té y una excelente merienda. El pueblo, congregado en la amplia plaza, al asomarse los expedicionarios a la amplia galería de las Casas Consistoriales, les ovacionó entusiasticamente, mostrándose los Congresistas extranjeros satisfechos del sincero y afectuoso recibimiento.

Terminado el acto ocupáronse nuevamente los automóviles y se emprendió el regreso, pasando por el centro del pueblo de Chinchón, en donde, a instancia de algunos Congresistas, se hizo una pequeña parada en la plaza para obtener vistas

fotográficas. Se descendió del páramo por la cuesta del Tajuña, se cruzó este río y el Jarama por Titulcia, y después de atravesar Ciempozuelos se llegó a la carretera general de Madrid a Cádiz, cerrándose el circuito proyectado y regresando a Madrid antes de las nueve de la noche, sin el menor incidente desagradable y en perfecto acuerdo con el plan e itinerario proyectado.

EXCURSIÓN C - 1

Asturias

Tomaron parte en esta excursión los siguientes señores Congresistas:

H. Hans Arlt (Alemania), M. Etienne Asselberghs (Bélgica), Mr. Francis Arthur Bather (Inglaterra), Mr. Per August Harald Carlborg (Suecia), M. Fernand Daguin (Francia), M. Gaston Georges Delépine (Francia), M. Pierre Despujols (Marruecos francés), Mr. Henry y Mrs. Bothild M. Dewey (Inglaterra), Mr. Frank Dixey (Inglaterra), Mr. Lewis Leigh Fermor (India), H. Gotthard Fliegel (Alemania), Mr. Axel Gavelin (Suecia), Mr. George W. Grabhan (Sudán), Mr. John Walter y Miss Ursula Joan Gregory (Inglaterra), M. Axel K. Grönwall (Suecia), H. Wilhelm Henke (Alemania), Mr. y Mrs. D. F. Hewett (E. U. N. A.), Mr. John Allen Howe (Inglaterra), H. Wilhelm Kegel (Alemania), Mr. y Mrs. James Furman Kemp (E. U. N. A.), Mr. A. E. Kitson (Costa de Oro), H. Franz Kossmat (Alemania), H. Paul Kükük (Alemania), M. Honoré Felix Lantenois (Francia), Lady Mac Robert (India), Mr. y Mrs. Edward B. Mathews (E. U. N. A.), Mr. Herbert Brantwood Maufe (Rodesia del Sur), Mr. Benjamin Leroy Miller (E. U. N. A.), H. Kurt Pietzsch (Alemania), M. Armand Rénier (Bélgica), M. Emile Richet (Congo Belga), D. Remigio Rigal (Argentina), Mr. John Robert (Inglaterra), H. Walter Schriel (Alema-

nia), Mr. Matthew van Siclen (E. U. N. A.), Mr. J. T. Singewald (E. U. N. A.), M. Rodolphe y Mlle. Marie M. Staub (Suiza), D. José María Sobral (Argentina), H. Richard Stappenbeck (Alemania), H. F. E. Suess (Austria), M. Pierre M. Termier (Francia), H. Rudolf Wedekind (Alemania), Mr. y Mrs. M. E. Wilson (Canadá), Mr. Joseph y Mme. Milada Woldrich (Checoslovaquia).

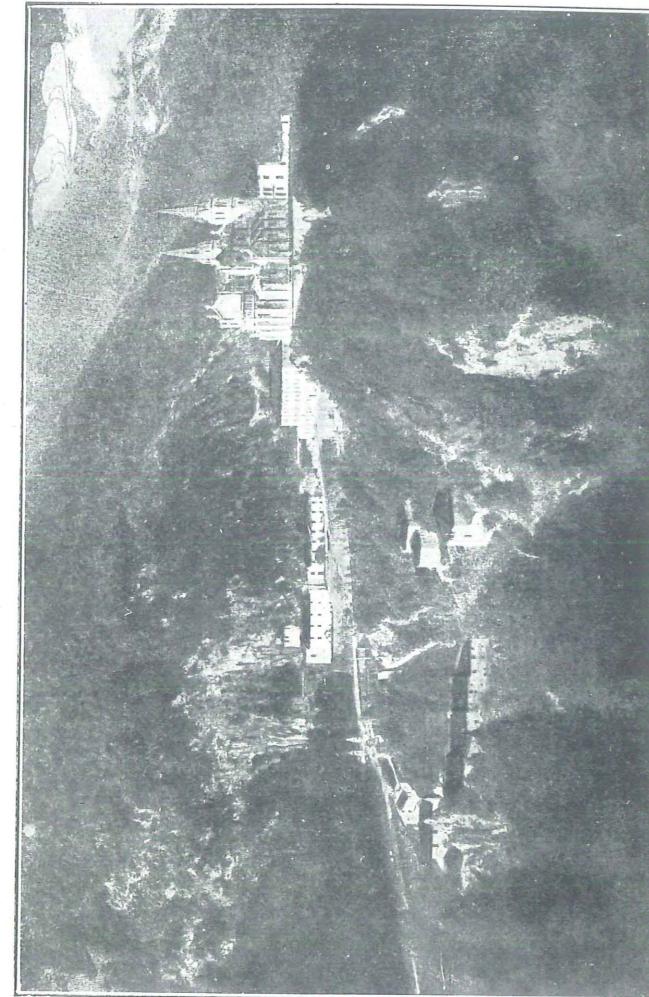
Dirigió la excursión D. Primitivo Hernández Sampelayo, Ingeniero de Minas del Instituto Geológico de España, quien fué auxiliado en el terreno por el Ingeniero Jefe de Minas D. Miguel Aldecoa y los Ingenieros D. Eugenio Cueto, D. Ignacio Patac y D. Gumersindo Junquera.

Junio, 1. Los participantes de la excursión C-1 partieron de Madrid, unos en el rápido de día, con objeto de poder contemplar el paisaje durante el trayecto, y otros, en el correo de Asturias de la tarde del mismo día 1.

» 2. Reunidos ya en Oviedo todos los excursionistas, dedicaron la mañana de este día a visitar la población, pudiendo admirar sus monumentos artísticos, entre los cuales merece especial atención la Catedral.

Después de almorzar se hizo una excursión en automóvil al Naranco, interesante montaña situada cerca de Oviedo y constituida por un anticinal siluriano y devoniano, en cuyos flancos pueden observarse las formaciones hulleras, así como el cretáceo de la hoyuela de Oviedo.

Después recorrieron a pie parte de las laderas de la montaña, recogiendo fósiles y rocas del siluriano y devoniano superior y medio, presentado en esa montaña por los pisos característicos de estos sistemas en la cordillera cantábrica.



Vista general de Covadonga.

De gran interés artístico fué la visita a tres iglesias románicas del noveno siglo, que pueden considerarse como de los monumentos cristianos más antiguos, y, por tanto, más interesantes de la Península.

Los excursionistas regresaron a Oviedo a tiempo de cenar y con objeto de pernoctar en esta población.

Junio, 3. Tuvo lugar la excursión a Tineo, cuyo objeto principal era el estudio completo de la serie paleozoica asturiana. La salida se hizo por la carretera de Trubia, donde, después de atravesar los terrenos devonianos de Sobrandio, tocaron los pliegues de la caliza dinantiense, y más allá los tramos del devónico inferior, medio y superior.

En el valle de Grado tuvieron ocasión de examinar las hiladas del cretácico superior.

En el descenso al hermoso valle de Cornellana se cruzaron los pliegues silurianos, y en varias detenciones a lo largo del trayecto recogieron los congresistas una rica fauna devoniana.

Pasado Salas examinaron las rocas características de los sistemas cambriano y siluriano de la región.

El almuerzo tuvo lugar en Tineo, y después se emprendió el regreso siguiendo el itinerario Tineo-La Florida-Crucero-Salas-Cornellana-Oviedo, con una detención con objeto de examinar la Colegiata de Salas, donde existe el mausoleo del Arzobispo Valdés, obra de gran mérito artístico.

» 4. Por la mañana salieron los excursionistas en automóviles con dirección al valle de Langreo, con objeto de visitar las fábricas metalúrgicas de la importante Sociedad Duro-Felguera y algunas instalaciones mineras.

Se visitó la mina «El Fondón», donde examinaron las capas de hulla que allí se explotan y tuvieron ocasión de recoger fósiles correspondientes al carbonífero asturiano.

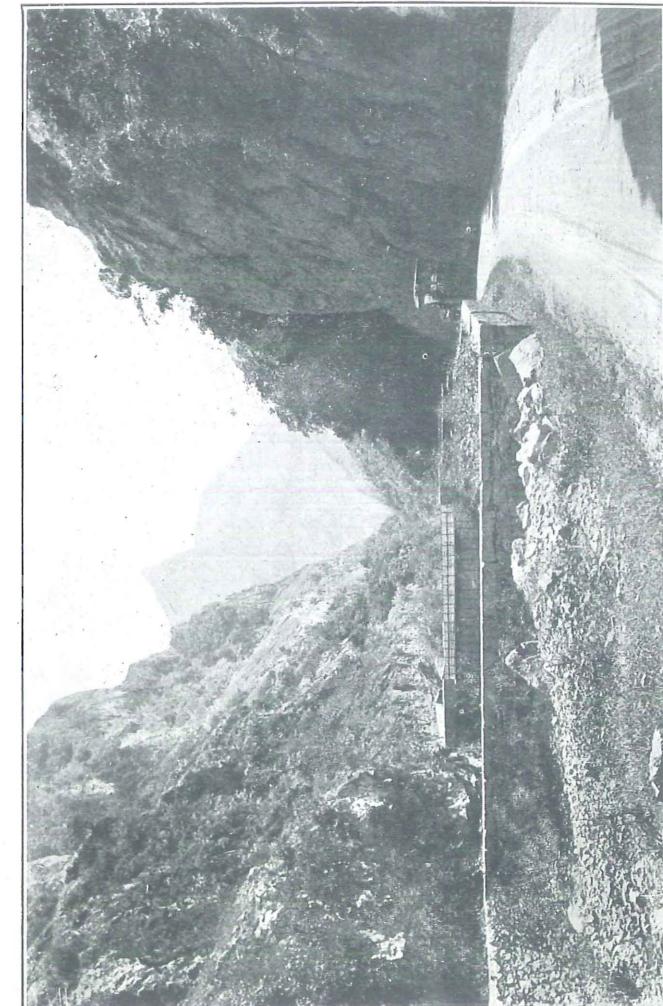
Después se trasladaron en el tren eléctrico hasta los lavaderos de la mina «Modesta», que se cuenta entre las mejor instaladas en Asturias.

La Sociedad Duro-Felguera ofreció un espléndido banquete a los Congresistas, al que asistieron las autoridades locales, los Ingenieros de la Jefatura de Minas y de algunas minas colindantes.

El Ingeniero Director de la Duro-Felguera, D. Antonio Lucio Villegas, pronunció un elocuente y sentido discurso de salutación a las eminentes personalidades de la ciencia que honraban con su visita a nuestra Patria. En el mismo sentido hizo uso de la palabra el Sr. Aldecoa, y después habló el Sr. Sampayo, en acción de gracias por las atenciones y agasajos con que han sido recibidos los excursionistas. Varios Congresistas extranjeros se levantaron para dar las gracias rendidamente en nombre de la nación que cada uno de ellos representaba en aquel acto.

Por la tarde se realizó la visita de las fábricas metalúrgicas, donde vieron los altos hornos, baterías de hornos de cok con aprovechamiento de subproductos, hornos de obtención de acero Siemens, talleres de laminación, etc., etc. Después se verificó el regreso a Oviedo, donde pernoctaron los expedicionarios.

Junio, 5. Este día tuvo lugar la excursión a Covadonga, que se efectuó en automóviles, desde Oviedo, llegando a la histórica población hacia el mediodía. Aun tuvieron tiempo por la mañana para visitar los Congresistas la Basílica, verdadera joya de arte, y la gruta, quedando



Carretera del Pontón.

encantados del hermoso paisaje que desde allí se domina.

Por la tarde se hizo la subida a los lagos Enol y de La Ercina, pero, desgraciadamente, el tiempo fué muy desfavorable, haciendo que esta excursión, uno de los recorridos más agradables del itinerario, resultase muy fatigosa y molesta.

El itinerario sigue casi siempre el contacto entre las areniscas silurianas y la caliza de montaña, que en algunos puntos es algo fosilifera. A la izquierda del camino quedan las minas de hierro y manganeso de Bufarrera y la vega de Comellas.

Se hizo el regreso a Covadonga, donde pernoctaron los excursionistas.

Junio, 6. Por la mañana se recorrió en automóvil el desfiladero del río Sella, uno de los paisajes de más imponente belleza que pueden descubrirse en la región cantábrica. Existen varias hoces en la caliza de montaña en los que el cauce del río es sumamente angosto y profundo, pasando la carretera varias veces de una a otra de sus márgenes.

Desde lo alto del puerto del Pontón tuvieron ocasión los expedicionarios de admirar las vistas de extraordinaria belleza que desde allí se divisan.

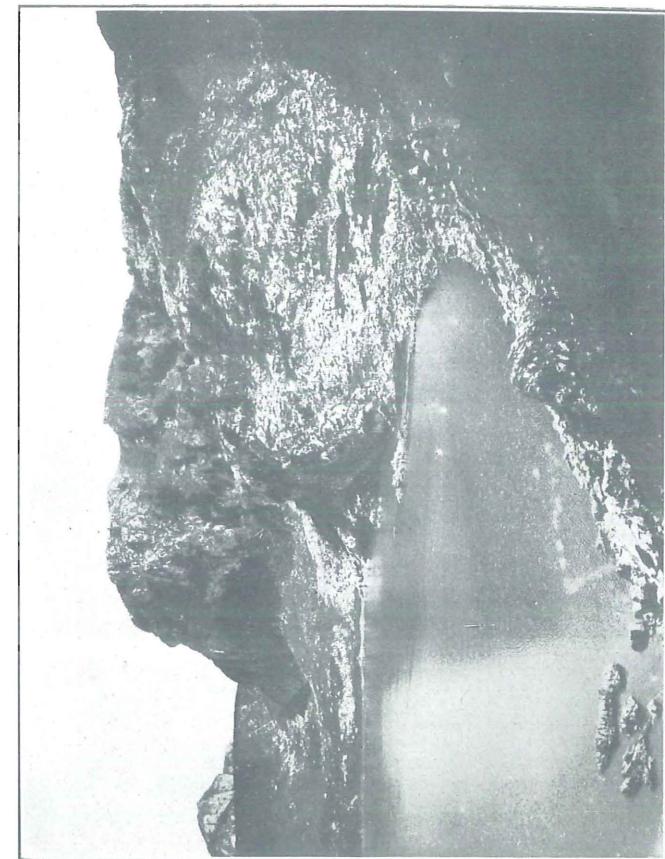
El almuerzo se hizo en Cangas de Onís, y después, al regresar a Oviedo, hubo una detención en el antiguo monasterio de San Pedro de Villanueva, construido en el siglo XII y declarado monumento nacional.

Por la noche se celebró en Oviedo el banquete con que obsequió la Diputación provincial a los Congresistas, el cual estuvo magníficamente servido. Al final se pronunciaron los brindis de rigor.

Junio, 7. Los excursionistas salieron en automóvil para Avilés, pasando por Santa María del Puerto y San Juan del Puerto, y tuvieron ocasión de examinar los terrenos que forman esta parte de la provincia de Oviedo.

Después de visitar la población de Avilés y de tomar el almuerzo, se trasladó la expedición a Gijón, visitando, por la tarde, la población y el puerto del Musel.

- 8. En este día quedó dislocada la excursión. La mayor parte de los Congresistas se trasladaron a Bilbao, para tomar parte en la excursión C-2. Otros regresaron directamente a Madrid o se trasladaron a la frontera con objeto de regresar a sus respectivos países, sumamente satisfechos de tan interesante excursión.



Lago Enol.

EXCURSIÓN C - 2

Minas de Bilbao

Señores Congresistas que tomaron parte en esta expedición:

M. A. Boldirev (Rusia), Mr. Per August Harald Carlborg (Suecia), M. Pierre Despujols (Marruecos francés), Mr. Henry y Mrs. Bothild H. Dewey (Inglaterra), Mr. Frank Dixey (Inglaterra), M. Julien Drugman (Bélgica), Mr. Lewis Leigh Fermor (India), H. Gotthard Fliegel (Alemania), Mr. Axel Gavelin (Suecia), Mr. Per Geijer (Suecia), Mr. George W. Grabham (Sudán), Mr. John Walter y Miss Ursula Gregory (Inglaterra), Mr. y Mrs. Hewett (E. U. N. A.), Mr. John Allen Howe (Inglaterra), Mr. y Mrs. James Furman Kemp (E. U. N. A.), Mr. A. E. Kitson (Costa de Oro), H. Paul Kükük (Alemania), M. Honoré Felix Lantenois (Francia), Lady Mac Robert (India), M. Simon Maliavkin (Rusia), Mr. y Mrs. Edward B. Mathews (E. U. N. A.), Mr. Herbert Brantwood Maufe (Rodesia del Sur), Mr. Benjamin Leroy Miller (E. U. N. A.), Mr. E. S. Moore (Canadá), M. Emile Richet (Congo belga), D. Remigio Rigal (Argentina), Mr. Mattew van Siclen (E. U. N. A.), D. José María Sobral (Argentina), H. Richard Stappenbeck (Alemania), Mr. y Mrs. M. E. Wilson (Canadá), Mr. Louis A. Wright (E. U. N. A.), M. Alexandre Zavaritzky (Rusia).

Los directores de esta excursión fueron las Sres. D. Primi-

tivo Hernández Sampelayo, Ingeniero de Minas del Instituto Geológico de España, y D. Ramón de Rotaeché, Ingeniero de Minas.

Los Congresistas que formaban esta expedición se reunieron el día 8 de junio, por la noche, en Bilbao, procedentes unos de Oviedo, de la excursión C-1, y otros de Madrid directamente. Fueron alojados en el Hotel Carlton.

Junio, 9. Se efectuó la visita a las minas «Parcocha», Compañía Orconera y Sociedad Franco-Belga. Se dividieron los excursionistas en dos grupos para seguir uno, en el ferrocarril de Orconera, el itinerario de interés para los que quisieron conocer algunas importantes instalaciones de transportes exteriores, y el otro grupo fué directamente en automóvil hasta la mina «Parcocha», con objeto de apreciar los cortes geológicos, muy interesantes, del trayecto.

A las diez de la mañana se reunieron ambos grupos en la mina «Parcocha», y desde allí hicieron juntos el recorrido a las minas «Orconera», «Cármenes» y «Conchas».

A las doce y media llegaron a Gallarta, donde tomaron los automóviles, que les condujeron a Las Arenas.

En el Club Marítimo del Abra, en aquella hermosa playa, se tomó el almuerzo ofrecido a los excursionistas por las Compañías Orconera, Franco-Belga y por los Sres. Echevarrieta y Campbell, en el que reinó la más franca y agradable camaradería.

A las cuatro de la tarde tomaron en el embarcadero del Club el remolcador que pusieron a disposición de los excursionistas los Sres. Sota y Aznar,

opulentos navieros, en el que se efectuó el hermoso paseo por la ría de Bilbao.

Se efectuó a las cuatro y quince la visita a la Fábrica de Sestao, de la Sociedad Altos Hornos de Vizcaya, la que recorrieron en el ferrocarril de la Sociedad hasta Baracaldo, donde fueron obsequiados con un té. Después regresaron en el remolcador a Bilbao, contemplando desde el mismo las numerosas factorías industriales y los embarcaderos de mineral que allí existen.

Junio, 10. A las nueve de la mañana salieron del hotel en autobuses, dispuestos por los Sres. Lezama Leguizamón, Núñez, Ocharan y Compañía Minera El Morro, propietarios de las minas cuya visita se efectuó aquella mañana.

A la una y cuarto se verificó el banquete ofrecido por dichos señores en la Sociedad Bilbaína.

A las tres cuarenta y cinco tuvo lugar en el Frontón la fiesta vasca con que el Ayuntamiento de Bilbao obsequió a los excursionistas, en la que hubo, entre otros festejos, un desfile de *chistularis* y *dantzaris*, *ezpatadantza* y partidos de pelota. Algunos Congresistas salieron antes de terminar la fiesta para trasladarse en automóviles, dispuestos por la Cámara Minera, al Museo Etnográfico Vasco de Bilbao.

A las seis y media se reunieron todos los expedicionarios en el Ayuntamiento, donde fueron recibidos por el Sr. Alcalde, que les obsequió con un té.

11. Se efectuó por la mañana la visita a la Diputación, siendo recibidos por el Sr. Presidente. Después se verificó la visita a la isla de Chacharramendi, en la desembocadura del río Urdaibai, cortando en el viaje transversalmente el sinclinal del cretáceo superior

de Vizcaya y base del eoceno, que fueron señalados por el Ingeniero Sr. Jorge. También se cortó la gran erupción ofítica vizcaína al salir de Larrauri y hacer la subida a Sollube.

Se tomó el almuerzo, ofrecido por la Diputación de Vizcaya, en Chacharramendi.

A las dos de la tarde salieron para Guernica, antigua capital foral de Vizcaya, donde visitaron la casa de Juntas y el famoso Arbol de Guernica, reliquia y símbolo de la antigua Constitución vizcaína.

A las cuatro y media se hizo la salida para Amorebieta, donde tomaron, a las cinco cuarenta y cinco, el tren para San Sebastián.

Llegados a esta población se dió por terminada la excursión, de la que marcharon todos plenamente satisfechos.

EXCURSIÓN C - 3

Cuenca Potásica de Cataluña y Pirineo Central

Fueron en esta expedición los siguientes señores:

M. Ion Atanasiu (Rumania), Mr. Helge G. Backlund (Suecia), Mr. y Mrs. Alan M. Bateman (E. U. N. A.), D. Joaquín Benjumea (España), Mohamed Bahgat El Chourbagy Bey (Egipto), Mr. John Wiliam Evans (Inglaterra), Mr. y Mrs. H. G. Ferguson (E. U. N. A.), M. Ernest Fleury (Portugal), M. Valery Goetel (Polonia), Mr. y Mrs. Marcos I. Goldman (E. U. N. A.), H. Erich Harbort (Alemania), M. A. Jacob (Francia), Mr. Charles Keyes (E. U. N. A.), Mr. Andrew C. Lawson (E. U. N. A.), M. Georges y Mme. Cathérine Macovei (Rumanía), Mr. Charles Alfred y Mrs. Annie Matley (Inglaterra), H. Heinz Psotta (Alemania), Mr. Terence Thomas Quirke (E. U. N. A.), M. le Baron de Radzitsky d'Ostrowick (Bélgica), M. Zygmunt Rozen (Polonia), Mr. y Mrs. Hassan Sadek (Egipto), D. A. Sousa Torres (Portugal), Mr. y Mrs. W. E. Wrathers (E. U. N. A.).

Dirigieron la excursión los Sres. D. Mariano Faura y Sans, Doctor en Ciencias Naturales, ex Director del Mapa Geológico de Cataluña, y D. Agustín Marín y Beltrán de Lis, Ingeniero de Minas del Instituto Geológico de España.

Los excursionistas de la expedición C-3 salieron de Madrid el día 1 de junio por la noche y llegaron a Barcelona el siguiente día por la mañana, uniéndose a los de las expediciones C-4 y C-5, y juntos fueron a visitar, a las doce, la Universidad de Barcelona, donde fueron recibidos por el Rector, que les dió la bienvenida.

A consecuencia del mal tiempo el banquete que ofrecía a los Congresistas el Excmo. Ayuntamiento de Barcelona en el Tibidabo, se celebró al mediodía, en vez de por la noche, como estaba anunciado. El Excmo. Sr. Alcalde ofreció el agasajo como homenaje a los sabios de tantas naciones allí reunidos, deseándoles una feliz estancia en Barcelona. En nombre de los Congresistas dió las gracias el Sr. Marín al Alcalde por todas las atenciones recibidas desde que pisaron Barcelona.

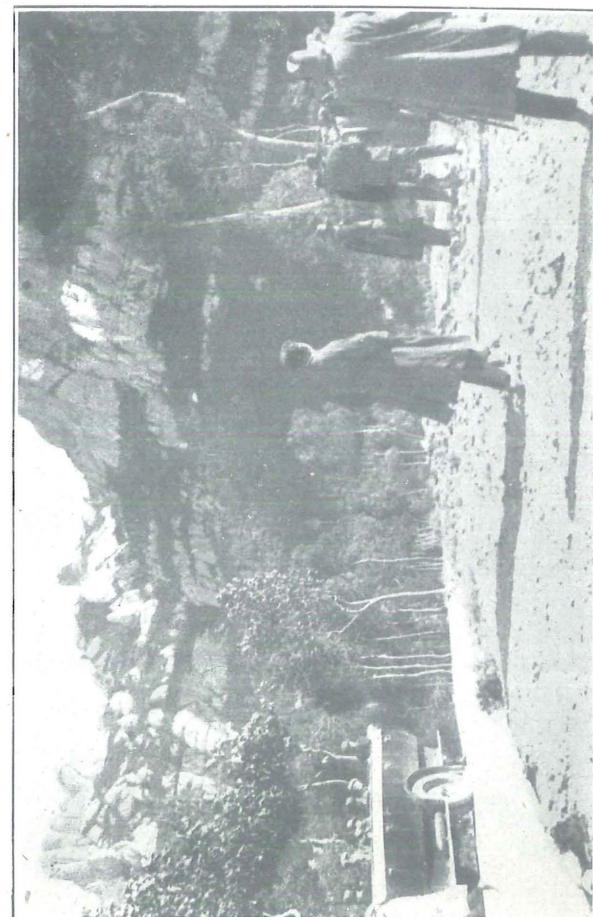
A pesar de que estaba lloviendo, algunos Congresistas hicieron un pequeño recorrido por las faldas del Tibidabo, examinando la constitución geológica del mismo.

El día 2 se verificó la excursión a Montserrat, muy bien organizada por la Diputación provincial de Barcelona. A la ida los expedicionarios se detuvieron en Puigcercó, donde pudieron observar un corte de los terrenos antiguos y del trías, muy interesante.

Después de visitar el monasterio se sirvió un espléndido banquete, y en los brindis habló el Sr. Conde de Figols, que lo presidía, y los Sres. Marín, Lawson, Jacob, Vivar y otros.

Por la tarde se hizo una pequeña excursión visitando el contacto del eoceno con el oligoceno, que forma las cumbres del histórico y bello macizo. Los excursionistas de la expedición C-5 fueron los primeros en abandonar Montserrat, porque tenían que tomar por la noche el vapor que los condujo a Baleares.

El día 3 salieron, por la mañana, en automóvil para Manresa los excursionistas de las expediciones C-3 y C-4. Se observó de pasada la sucesión de los terrenos desde Barcelona a Man-



Montserrat. — Los congresistas recogiendo fósiles.

resa; se les advirtió el paso de las dos cadenas que constituyen la sierra del litoral, así como pudieron examinar los depósitos miocenos que llenan la depresión existente entre las dos. Se hizo recaer la atención de los Congresistas en que sobre los terrenos antiguos de la cadena interior vienen depositados los del triás, y sobre éste el eoceno, viéndose bien la separación entre el continental con *Bulimus* y el marino con muchos fósiles.

Por la tarde se dedicaron los excursionistas a visitar los alrededores de Manresa y pudieron recoger un gran número de fósiles en la pequeña sierra de Malváls; entre ellos, el *Amblypigurus dilatatus*, que según los Sres. Wolff y Voitesti, que lo recogieron, es característico del luteciense, lo que parece estar en contradicción con la presencia de otros fósiles que parecen de pisos más altos del eoceno.

Por la noche fueron obsequiados los excursionistas en el Ayuntamiento con un espléndido *lunch* y pudieron ver bailar las sardanas, bellas danzas del país.

El día 4 se partió por la mañana muy temprano y se tomó la carretera de Berga. En Sallent se pararon los excursionistas breves momentos para visitar un yacimiento fosilífero oligoceno de los que abundan poco en el país. Pudieron recoger ejemplares del *Melanoides albigenensis*, que es el fósil típico del sannoisiense catalán.

En Balsareny descendieron para observar los pliegues del oligoceno y para ver el sitio del sondeo que hizo el Estado en busca de sales potásicas, donde encontró un rico yacimiento a unos 600 metros de profundidad.

En Suria fueron recibidos los excursionistas por las autoridades, por el Director de las minas, D. Víctor van Styvoort, y por los Ingenieros de la Sociedad Minas de Potasa de Suria. Después de unas explicaciones sobre el criadero y sobre las minas, dadas por los Sres. Marín y Styvoort, se hicieron dos

grupos, y mientras uno de ellos visitaba el interior, acompañado por el Sr. Marín, el otro visitó las instalaciones exteriores, acompañado por el Sr. Faura.

En la mina visitaron las galerías de las plantas 227, 277 y 327, y pudieron examinar en una galería transversal al criadero, un corte del mioceno con la silvinita en la base y la carnalita, formando tres capas, en la parte alta. Pudieron también observar las instalaciones de cintas para los transportes, el taller de quebrantamiento y la gran tolva, instalados en el interior para la carga automática de los *skips*.

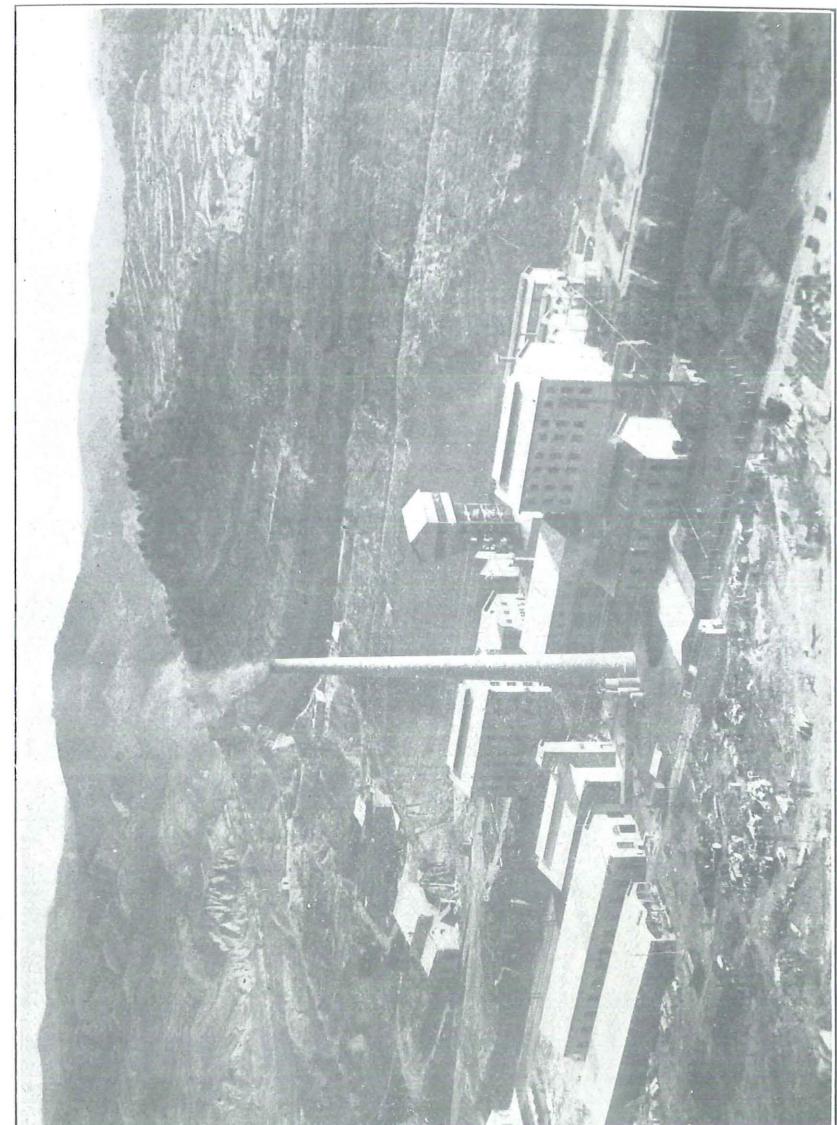
Fué obsequiado cada Congresista con una caja que contenía muestras de los minerales silvinita y carnalita, que en las minas se explotan, y las publicaciones con fines agrícolas que ha dado a la luz pública la Sociedad.

Llegando al límite en su hospitalidad, la Sociedad dió en el local del Casino un espléndido banquete. El Sr. Styvoort ofreció la fiesta, y varios Congresistas dieron las gracias por las muchas atenciones recibidas, y hubo algún excursionista alemán que manifestó haber visitado la mejor mina de potasa del mundo.

Por la tarde partió la excursión para las salinas de Cardona, en donde fueron recibidos por los Ingenieros de la Sociedad Unión Española de Explosivos, que está efectuando los trabajos de preparación y explotación en las referidas salinas. Fué grande la admiración de los excursionistas ante el soberbio espectáculo que ofrece la Naturaleza en la célebre Montaña Roja, en la que se pueden observar a simple vista vetas de silvinita.

Fueron obsequiados los excursionistas con un *lunch*, y después se separaron las dos expediciones: los miembros de la C-4 quedaron en Cardona, y los de la C-3 fueron a dormir a Solsona.

Al día siguiente los Congresistas visitaron, por la mañana,



Fábrica de la Sociedad «Minas de Potasa de Suria». — A la derecha se ven los bancos casi horizontales del oligoceno.

la Catedral y el Museo del Palacio Episcopal, en donde existe una colección curiosa de ejemplares de sal gema de Cardona y de muchos objetos fabricados con ella. También existe una sala muy interesante de espeleología, con objetos y ejemplares hallados en la comarca, que han sido casi todos recogidos por el canónigo Sr. Serra, y que él mismo mostró a los excursionistas, dando al propio tiempo muy interesantes explicaciones con su reconocida competencia. También existen en el Museo salas dedicadas a las artes pictórica y escultórica, que fueron visitadas por los excursionistas.

A las diez se salió para Oliana, sin interrupción por el camino. En este sitio se observaron las margas eocenas, que hacen su aparición en el centro de un anticlinal oligoceno. Pudieronse recoger algunos fósiles, principalmente foraminíferos y briozoarios.

Al mediodía llegaron a Artesa. Por la tarde fueron al Norte de Cubells y al Castellote, inmediato al mismo Artesa. En el primero de dichos sitios vieron junto al oligoceno un asomo del keuper y ofitas, y en contacto con éstas el cretáceo. Respecto de si el tramo de este terreno que allí se hallaba pertenecía al turonense o al senonense, hubo una pequeña discusión.

En el Castellote se pudo observar el mismo fenómeno que en Cubells, y chocó mucho a los Sres. Fleury, Jacob y Astré un conglomerado que atraviesa el cerro de dicho nombre. El Sr. Marín lo atribuye a una gran grieta de fricción.

Al día siguiente se hizo la expedición al Montsech. En el pueblo de Vilanova de Meyá, el Alcalde, el Sr. Castejón y los Maestros de primera enseñanza, habían preparado sobre mesas un gran número de ejemplares de fósiles del Montsech, que los excursionistas examinaron y guardaron en gran cantidad.

El examen geológico del Montsech dió lugar a gran número de comentarios, reconociéndose bien la sucesión de los terre-

nos dada por Vidal, y conforme con las explicaciones de los Sres. Faura y Marín; sin embargo, los Sres. Jacob y Astré calificaron de maechrichtienses ciertos terrenos que el Sr. Marín había atribuido al eoceno inferior.

Se almorzó en un bosque en lo alto de la sierra y allí fueron obsequiadas las señoras excursionistas con flores por los vecinos de Vilanova de Meyá.

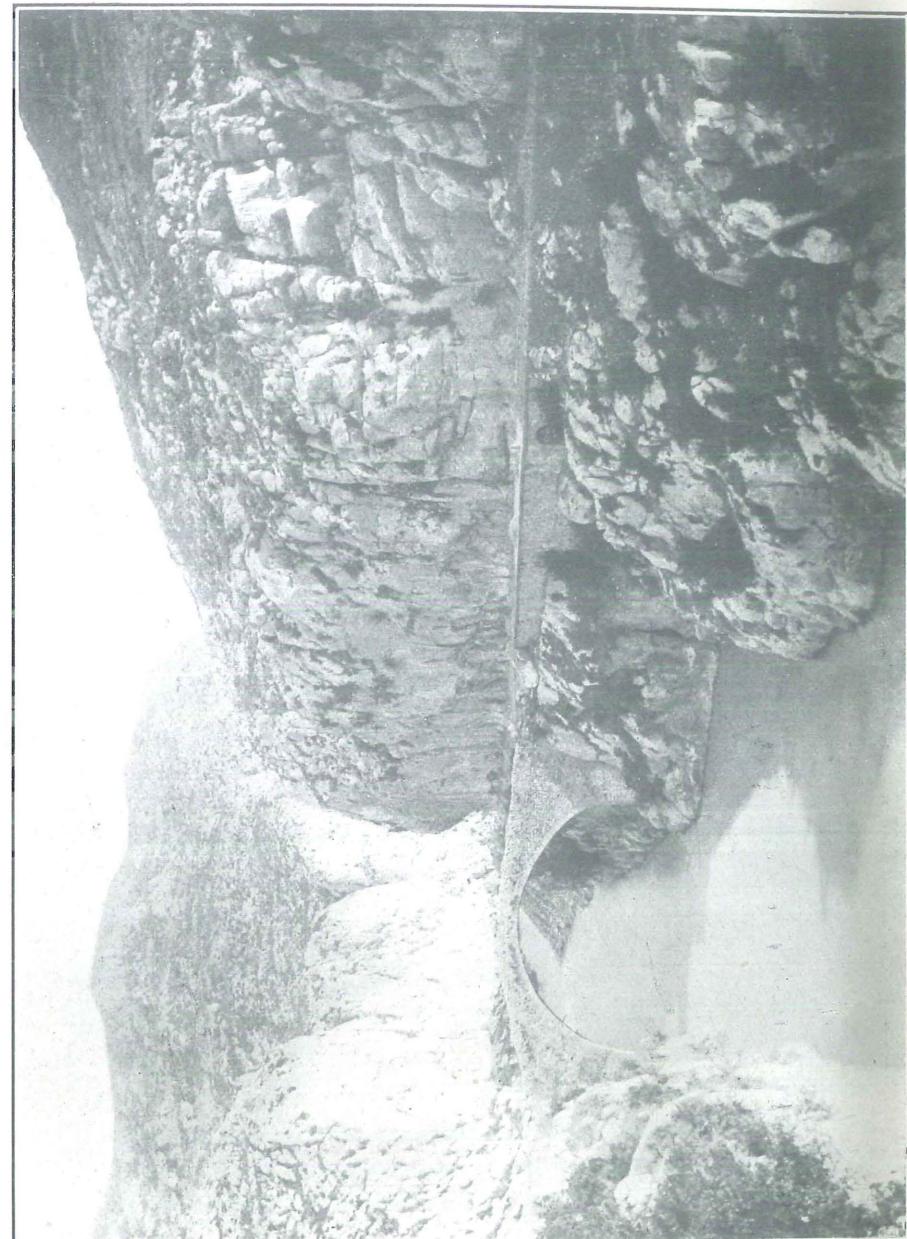
Por la tarde se emprendió la marcha a pie hasta la carretera de Tremp, en donde se tomaron los automóviles. En Tremp fueron saludados los excursionistas por las autoridades, que esperaban a su llegada.

Al día siguiente, por la mañana, se hizo a caballo la excursión a Arolas. Se recogieron gran número de fósiles eocenos, y alguno de los excursionistas recogió assilinas, que no habían sido citadas anteriormente.

Por la tarde se hizo la excursión a Los Terradets, es decir, que se volvió a cruzar la sierra del Montsech por otro sitio distinto que el día anterior. Se comprobó la sucesión de los estratos, y en la base, junto al puente existente en la cola del embalse de Camarasa, se discutió el origen de la hermosa sierra, indicando los Sres. Faura y Marín su creencia de que se trataba de un pliegue anticlinal con rotura en su cúpula. El señor Astré, si bien no hizo afirmación en contra, sí indicó que el corte hecho por Los Terradets no negaba la posibilidad de un corrimiento en masa.

Por la noche, los excursionistas fueron obsequiados por el Excmo. Ayuntamiento de Tremp con un banquete. Al final del mismo, el Sr. Alcalde de Tremp saludó, en español y en francés, a los excursionistas, expresando el honor que representaba para el pueblo la visita de sabios tan ilustres. El Sr. Marín y varios Congresistas de diversas naciones, expresaron el reconocimiento de todos por los honores recibidos.

El día 9 se visitaron, por la mañana, las obras de San Anto-



nio, aprovechamiento hidráulico de la Sociedad Riegos y Fuerza del Ebro. Allí fueron recibidos por los Ingenieros de la Sociedad Sres. Santasúsana, Amigó y Diem, quienes explicaron el funcionamiento de todas las máquinas y aparatos que constituyen las instalaciones. Fueron invitados los excursionistas por la Sociedad con un espléndido almuerzo, en el edificio de la Central, en el que no hubo brindis, pero en el que reinó una franca y simpática cordialidad.

Por la tarde, los excursionistas visitaron el yacimiento fosilífero garumnense de Isona, pudiendo recoger un gran número de fósiles, entre ellos, preciosos ejemplares de *Lychnus Sanchezi* y del *Hippurites Castroi*.

Por la noche asistieron los excursionistas, galantemente invitados, a un concierto y baile celebrado en el Salón de Recreos del pueblo, donde se cantaron las típicas sardanas de la región.

El día 10 se hizo el corte del Pirineo, desde Tremp a Esterrí de Anéu. Junto al pantano de San Antonio bajaron los excursionistas de los coches para hacer un reconocimiento en las margas clasificadas por los Sres. Faura y Marín de maechtrichtienses. En efecto, el Sr. Atanasiu, de Rumania, encontró unos trozos de *Inoceramus*, que comprobó el descubrimiento hecho por los Geólogos españoles.

En Susis se visitaron las instalaciones exteriores de las minas de lignito y se pudieron recoger algunos fósiles que comprobaban la edad oligocena de dichos depósitos carbonosos.

En Los Golgáts pudieron los excursionistas ver la interesante discordancia del oligoceno sobre los terrenos secundarios; antes de Gerri fueron recogidos fósiles silurianos, principalmente *Orthoceras*; en Gerri, ejemplares de ofitas, y en el mismo pueblo, examinados los yacimientos salinos.

Después de almorzar en Sort y de haber andado un kilómetro, el Sr. Jacob mostró a los excursionistas una ventana del

trías. Este terreno, constituido por la arenisca roja, se encuentra rodeado de terrenos paleozoicos, que corresponden con los pliegues de Gavarnie. El Sr. Marín hizo presente que, sin negar la existencia de esa ventana, cree que antes de aceptar de un modo absoluto esta interpretación de la geología del lugar que se considera, conviene comprobar bien que dicha arenisca roja no pueda ser devoniana, porque en caso de que así fuera, la sucesión de los terrenos al Norte de Sort sería la normal. El Sr. Jacob manifestó que dicha arenisca tenía mica y que en el Pirineo la devoniana nunca la presentaba.

En Esterri de Anéu fueron recibidos los excursionistas por las autoridades y por la banda municipal.

El día 11 salieron los excursionistas camino del Valle de Arán, llegando a las diez y media próximamente al puerto de la Bonaigua, situado en la cresta pirenaica, y que divide las aguas que van al Garona de las que van al Noguera Pallaresa. En el alto, y favorecidos por un espléndido día, pudieron contemplar los excursionistas la hermosura del paisaje y pisar la nieve que, formando manchas, daba belleza a la maravillosa vista que no cesaban de admirar.

En Salardu almorzaron los excursionistas y visitaron la iglesia románica del pueblo; por la tarde se visitó Viella y las minas de blenda de Besorto. En estas últimas les ofreció la Dirección de las minas un espléndido *lunch*. Pudieron recoger ejemplares de los diversos minerales que se presentan en aquellos criaderos, que a prevención habían reunido los encargados de las minas.

Por la noche ofreció el Ayuntamiento de Les un soberbio banquete a los excursionistas, en el que pudieron paladear merluza traída del Atlántico y el famoso isar cazado en el propio pirineo. El Alcalde dió en un sentido brindis la bienvenida a los Geólogos, y a continuación hablaron los Sres. Marín, Jacob, Lawson, Macovei, Fleury y Backlund, y al partir para

sus países respectivos todos sentían dar por acabados aquellos días pasados en un ambiente de grata camaradería, estudiando y departiendo sobre las materias científicas a que dedicaron sus vidas.

Al día siguiente, el Sr. Faura, acompañado de algunos excursionistas, hizo una excursión por el puerto de La Picada, descendiendo después a Luchón. Sobre el terreno les dió las explicaciones concernientes a la geología de los Montes Malditos, que pudieron admirar bien de cerca.

EXCURSIÓN C - 4

Cuenca potásica de Cataluña y Pirineos orientales.

Integraron esta expedición los siguientes Congresistas:

H. Richard Beil (Alemania), D. José Cardona Mercadal (España), D. Carlos Doetsch (España), H. Paul y Frau Ebeling (Alemania), D. Alfonso Escobar (España), Sra. María de los Angeles Ferrer Sensat (España) D. Francisco Lacazette (España), M. Gabriel de László (Hungría), Mr. James Alfred Mac Donell (E. U. N. A.), Mr. T. Ogura (Japón), Mr. Yoshichika Oinouye (Japón), M. Ion Popescu-Voitesti (Rumania), Mr. Sidney Powers (E. U. N. A.), D. Luis Sánchez Blanco (España), D. Manuel Sánchez Rivero (España), Mr. E. H. Sellards (E. U. N. A.), Mr. Y. C. Sun (China), D. Remigio Thiebaut (España), Mr. Chester Reams Thomas (E. U. N. A.), H. Ludwig Wolff (Alemania), H. Wilhelm Wolff (Alemania), Mr. Bryce Kerr Nairn Wyllie (Inglaterra).

Esta expedición fué dirigida por los Sres. D. Maximino San Miguel de la Cámara, Catedrático de la Universidad de Barcelona, Miembro de la Real Academia de Ciencias de Barcelona; D. R. J. Bataller, Doctor en Ciencias, Catedrático de la Universidad de Barcelona; D. Agustín de Larragán, Ingeniero de Minas del Instituto Geológico de España, y D. Jaime Marcet, Profesor auxiliar de la Universidad de Barcelona.

Por ser necesario repartir el número de expedicionarios que componían las excursiones C-3, C-4 y C-5, salió parte de la expedición C-4 para Barcelona en el tren rápido de la mañana del día 1 de junio, y el resto en los coches-camas del expreso de la tarde del mismo día.

Todos los miembros de esta expedición fueron alojados en Barcelona en el Majestic Hotel.

No reseñamos lo visitado en Barcelona por constar ya en la crónica de la excursión C-3, ya que fué común a los expedicionarios de las C-3, C-4 y C-5.

Por idéntica razón dejamos de transcribir lo acaecido hasta la llegada a Cardona el día 4 por la tarde, pues hasta entonces convivieron los Congresistas de las excursiones C-3 y C-4 y viene señalado en la citada crónica de aquella expedición. En esta fecha se separaron ambas, siguiendo la C-3 para Solsona y pernoctando la C-4 en Cardona.

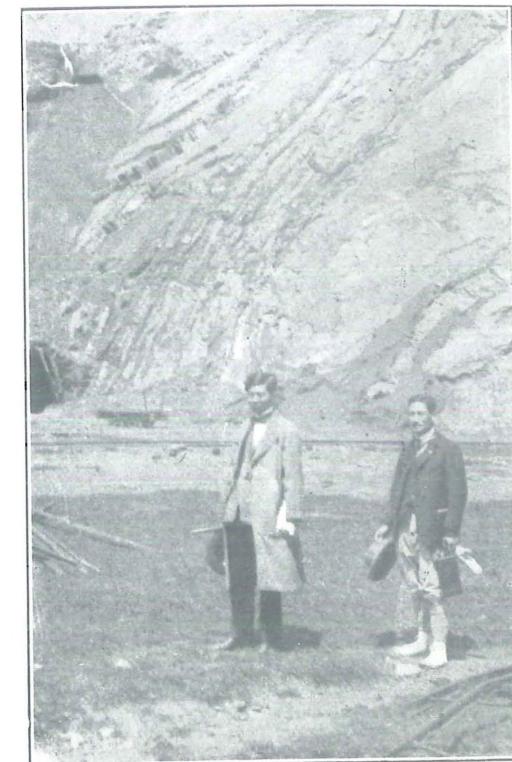
El día 5 se efectuó la visita a las célebres salinas de Cardona, y a continuación fueron recibidos los Congresistas por el Alcalde y Concejales en el salón de actos del Ayuntamiento, donde fueron obsequiados con un refresco.

La escasez de alojamientos en las fondas obligó a recurrir a la amabilidad de varias distinguidas personalidades de la población, quienes acogieron y atendieron a los miembros que no habían podido ser alojados en ellas.

La mañana del domingo, día 6, se dedicó a visitar las muchas bellezas que encierra la clásica y célebre villa de Cardona.

Ya bien entrada la mañana de este día se dispuso la partida, haciendo el recorrido Cardona-Suria-Balsareny-Berga sin ningún incidente, subiendo, seguidamente, al célebre Santuario de Nuestra Señora de Queralt, donde se había preparado la comida.

Después de ésta se dió un paseo geológico, con objeto de ver el eoceno y los panoramas de montaña que en días claros



Los congresistas en las minas de carbón de Surroca.

se divisán desde tan elevada altura. El tiempo venía cambiando y hubo que volver precipitadamente a tomar los coches, huyendo de un fuerte aguacero.

De regreso en Berga fueron obsequiados por el Ayuntamiento con una merienda, mientras en la plaza, aprovechando algunos claros en la lluvia, se bailaba el típico y legendario baile de «La Patina», que, como nota de color local, se ofrecía a los Congresistas.

Bajo una lluvia torrencial salieron de Berga para Figóls, no pudiendo hacerse el recorrido a pie, como estaba proyectado, para estudiar el cretáceo, y principalmente los tan discutidos yesos triásicos.

Se llegó al palacio del Conde de Figóls, donde fuimos recibidos por su propietario, a quien acompañaban el Sr. Cerero y altos empleados de la Sociedad Carbones de Berga.

Cada Congresista pasó al cuarto que tenía destinado en el palacio, donde estuvieron espléndidamente alojados desde la tarde del día 6 hasta la mañana del día 8.

Por la mañana del lunes, 7, se visitaron las minas de lignito de la Sociedad Carbones de Berga, subiendo los Congresistas por los planos inclinados hasta el nivel de San Cornelio. Por este nivel recorrieron el interior de la mina, viendo las capas de lignito y su explotación.

Ya en el exterior se visitaron las bien instaladas dependencias (comedores económicos, economatos, escuelas, teatro, sala de baile, etc.) en beneficio todas del personal obrero.

Se regresó al palacio a la hora de comer, y después de un breve descanso, se volvió a tomar la carretera de Berga, para poder estudiar lo que por la lluvia de la tarde anterior habíamos dejado, haciendo después algunos pequeños recorridos en busca de fósiles cretáceos, que se encuentran con relativa abundancia.

De vuelta, al anochecer, a la morada del Sr. Conde de Fi-

góls, pudieron elegir los Congresistas fósiles de toda la región que sobre unos tableros había colocado con este objeto el ilustre anfitrión.

Abandonaron Figóls, del que tan grato recuerdo conservarán todos los expedicionarios, en la mañana del martes, 8, emprendiendo el recorrido a Guardiola y Ribas, deteniéndose los coches cuantas veces había algo de interés que ver o estudiar.

La comida del mediodía estaba preparada en Ribas.

Tras un breve descanso se hizo el recorrido a Ripoll, en parte a pie, estudiando las revueltas capas próximas al paleozoico.

Se aprovechó la última parte de la tarde en visitar, en Ripoll, el monasterio y una antigua forja de *batir el cobre*, donde se trabaja igual que en lejanos tiempos.

Por la noche obsequió el Ayuntamiento a los Congresistas con un banquete.

En la mañana del miércoles, 9, se visitaron las minas de carbón de San Juan de las Abadesas, en las que les atendió y acompañó su encargado, el Sr. Velasco, quien tenía preparada una colección de fósiles carboníferos para que pudieran estudiarlos los visitantes y llevarse aquellos que les interesasen.

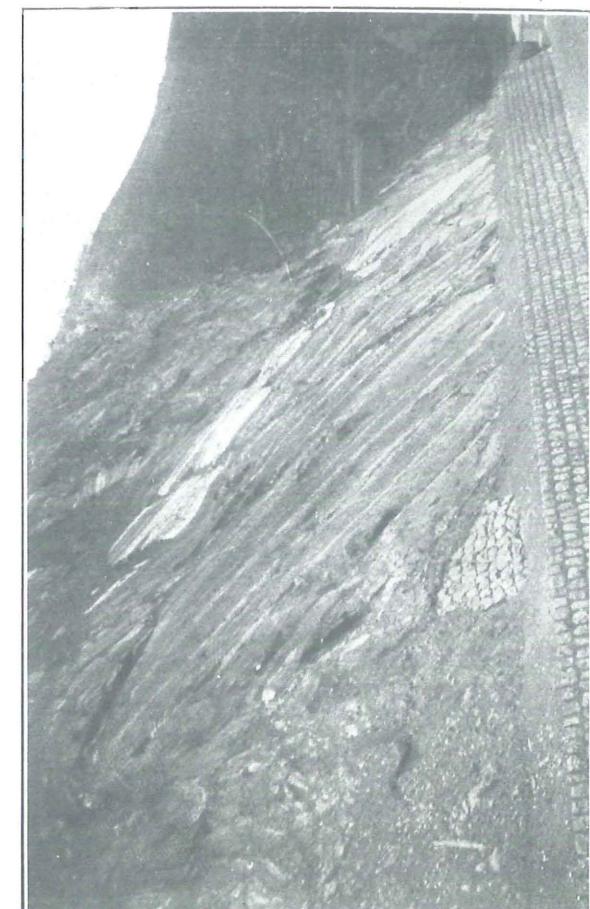
De regreso a San Juan se sirvió la comida en la fonda del pueblo.

Por la tarde, después de visitar el histórico monasterio, fueron obsequiados los Congresistas por el Ayuntamiento con una merienda.

A cosa de las seis salieron para Olot, viéndose por el camino el terciario y parte de la zona volcánica.

A la llegada a Olot fueron recibidos por un numeroso grupo de aficionados a la Geología, que acompañaron a los Congresistas durante su estancia en la región.

Fueron distribuidos los excursionistas entre los varios hoteles de la población.



Capas triásicas de Cercs.

Después de cenar en los alojamientos, hubo una recepción en el Ayuntamiento, donde fueron obsequiados los Congresistas con champagne.

Durante el día 10 se visitaron los volcanes y corrientes de lava de la zona.

En los ratos libres que quedaban entre las excursiones, se visitó la Exposición de obras y objetos relacionados con la región, de la que tan amantes son sus habitantes.

Todo el tiempo que duró la estancia en Olot fueron constantemente agasajados por el núcleo de personas que se habían constituido en nuestros acompañantes.

En la mañana del viernes, 11, visitaron Santa Pau, donde fueron obsequiados los expedicionarios, y Mieres, y subieron al cráter de Santa Margarita.

Se continuó el viaje a Bañolas, deteniéndose con frecuencia en el camino para ver las variaciones interesantes del terreno.

En Bañolas se visitó el hermoso lago, la fuente de aguas sulfurosas y la colección de objetos prehistóricos, entre los que se encuentra la célebre mandíbula que posee el Sr. Alsíns.

El Ayuntamiento obsequió a los expedicionarios con un banquete.

Algunos Congresistas adelantaron el regreso para poder alcanzar en Gerona un tren para Francia.

Continuó la expedición a Gerona, donde fueron sumamente agasajados por las autoridades de la ciudad y de la provincia.

Después de visitar la Catedral y el Ateneo, donde fueron de nuevo obsequiados los visitantes, se celebró un banquete, ofrecido por las autoridades, y que sirvió de despedida a los miembros de la expedición C-4, muchos de los cuales tomaron el tren para Francia, regresando los demás en los automóviles a Barcelona en la mañana del día 12, quedando terminada sin incidentes la excursión.

EXCURSIÓN C-5

Mallorca

Fueron en ella los señores siguientes:

Mr. Fred James Alcock (Canadá), Mr. Jean C. Andresen (Noruega), M. Henryk Arctowsky y Mme. Arctowska (Polonia), M. Emile Argand (Suiza), Mr. H. Albert Brouwer (Holanda), Mr. Everend Lester y Miss Mary Violetta Bruce (Canadá), D. Juan Carandell (España), Mr. A. P. Coleman (Canadá), don Guillermo Colom y Casasnovas (España), Miss Edna Chown (Canadá), M. Paul F. J. Fourmarier (Bélgica), M. Gustav Frodin (Suecia), D. Joaquín García Bellido (España), Mrs. Julia Gardner (E. U. N. A.), H. Kurt Hucke (Alemania), Miss Mary S. Johnston (Inglaterra), M. Pierre J. H. Lamare (Francia), Mlle. Marguerite A. Lefèvre (Bélgica), M. Stanislaw Lencewicz (Polonia), D. Juan Manuel Mazarrasa (España), Miss Mary Mathews (E. U. N. A.), Mr. George P. Merrill (E. U. N. A.), D. Joaquín Novella Valero (España), D. Domingo Palet Barba (España), Mr. J. J. Pannekoek van Rheden (Holanda), D. Narciso Puig de la Bellacasa (España), H. Ludwig Schehrer (Alemania), M. Bohdan Swiderski (Polonia), D. Rodrigo Varo (España), D. Gonzalo Vivar (Méjico), H. Fritz Weg (Alemania), H. Arthur Winkler-Hermaden (Austria).

Los directores de esta excursión fueron los Sres. D. Bartolomé Darder, Catedrático del Instituto general de segunda

Enseñanza de Tarragona, y D. Manuel de Cincúnegui, Ingeniero de Minas del Instituto Geológico de España, con la cooperación de M. Paul Fallot, Doctor en Ciencias, Profesor de Geología de la Universidad de Nancy, Director del Instituto de Geología Aplicada de la Universidad de Nancy.

En el plan de expediciones organizadas por el XIV Congreso Geológico Internacional, correspondía la realización de ésta posteriormente a las sesiones del mismo, que habían de celebrarse en Madrid en los días 24 al 31 de mayo. Así, pues, el día 1 de junio salieron con dirección a Barcelona los anteriores Congresistas con los directores de la excursión.

Los días 2 y 3 de junio permanecieron en Barcelona, visitando la Universidad, el Tibidabo y Montserrat, juntamente con las expediciones C-3 y C-4, detallándose en la noticia referente a éstas los actos realizados, así como las atenciones y obsequios de que fueron objeto por parte de las autoridades y fuerzas vivas de la ciudad.

Junio, 3. A las ocho y media de la noche se efectuó la partida con rumbo a Palma, a bordo del vapor *Mallorca*, de la Compañía Transmediterránea, con tiempo espléndido y mar bella, lo que proporcionó a los expedicionarios un viaje sin molestias.

Sólo vamos a dar en esta nota un resumen de lo que fué la expedición, ya que su relación detallada figura en la Guía que con ese objeto se repartió a los señores Congresistas y de la cual está tomada esta breve reseña. A ella se ajustó exactamente el programa de la excursión, salvo pequeñas variantes que se irán anotando, debidas, en su mayoría, al deseo de proporcionar a los expedicionarios las menores molestias posibles, buscando siempre los sitios para

pernoctar en que más confortablemente se les pudiera instalar, tarea no fácil en algunas ocasiones, y procurando que, sin detrimento del interés geológico de los diversos itinerarios, pudiesen llevar una idea, aunque fuese somera, de las innumerables bellezas que encierra la isla.

Mallorca, considerada como perteneciente al sistema alpino, es de una tectónica complicadísima, presentando distintas dislocaciones, estructura en escamas y mantos de corrimiento.

Para su estudio se puede considerar dividida en tres zonas.

Al Norte, una cordillera elevada y escarpada, con alturas hasta de 1.445 metros en el Puig Mayor, estudiada con todo detalle por Fallot, y que parece estar formada por tres escamas superpuestas, debidas a un empuje de dirección Suroeste, cuya edad es post-burdigaliense.

La primera de esas escamas, o serie I, es posiblemente autóctona, formada por triásico y jurásico que soportan en discordancia burdigaliense, y aparece bajo las otras en algunos puntos de la costa, en los alrededores de Estallénchs y Deyá y en algunas ventanas, como Sa Granja y Puigpunyent.

La escama, o serie II, formada por triásico, liásico, jurásico, titónico, gault y oligoceno, se presenta en las orillas del mar de Santa Ponsa a San Telmo, a la entrada de la bahía de Palma, y constituyen, en general, toda esa cordillera principal.

Por último, la serie III constituye el macizo de la llamada Sierra de Na Burguesa, formado por triásico, liásico, bajociense, batoniense, titónico y numulítico. A esta serie se puede referir el manto que en las pro-

ximidades de Alaró y al Este de Campanet cabalga a la serie II.

En el centro de la isla existe una región, que pudiéramos decir llana, en la cual destacan algunos montículos, de los cuales el más elevado es el Puig de Randa (535 metros). Esa región está formada principalmente por vindoboniense transgresivo y aluvial, salvo algunos mantos corridos que aparecen en las regiones de Randa, Sinéu y San Juan.

Por último, la parte oriental de la isla, estudiada preferentemente por Darder, que a su vez puede subdividirse en tres zonas: la Nordeste, o sea la región de Artá y Capdepera, con alturas hasta de 560 metros y alineaciones orográficas orientadas de Suroeste a Noreste, está formada por cinco series de escamas empujadas desde el Sureste. La primera se ve en la vertiente Noroeste de la Sierra de Farrutx y no parece autóctona como la de la sierra principal; la segunda forma la vertiente Noreste de la misma Sierra de Farrutx; la tercera, los macizos, de Olórs y Sierra de Son Sastres; la cuarta, el Puig Jaumell, Aguila, Cova Negra, etc., y la quinta, Puig Negre y Puig de S'Heretat, siendo en esta escama en la que se encuentran las conocidas cuevas de Artá. La costa en esta zona es escarpada, al contrario de lo que ocurre en el resto de la región de Levante, en la que son las llanuras vindobonienses las que bordean el mar.

Viene después una zona media en las regiones de San Lorenzo y Son Servera, dominada por la Sierra de Callicant Sa Font, que corre de Este a Oeste, formada por pliegues de gran complejidad.

Por último, la zona más meridional, con colinas orientadas de Noroeste a Sureste, de poca elevación

en general, salvo alguna que, como la de San Salvador, llega a 510 metros. Se han estudiado en ellas hasta cuatro mantos de corrimiento, designados con las letras A a D.

Junio, 4. A las cuatro de la madrugada de este día empieza a divisarse la isla Dragonera, ya del archipiélago balear, y poco después la costa de Mallorca en la región de Andraitx, parte meridional de la cordillera principal, a cuyo estudio se ha de dedicar el último día de la expedición. Se entra por fin en la grandiosa bahía de Palma, magnífico espectáculo que presentan la mayoría de los expedicionarios desde las cubiertas altas del buque, observándose el cuaternario del pie de la Sierra de Na Burguesa, que corresponde a la serie III de Fallot; doblando la punta de Porto Pi, con afloramientos vindobonienses ligeramente plegados, para entrar, por último, en el puerto de destino, a las siete próximamente de la mañana.

Se desembarca seguidamente, siendo recibidos en el muelle por un representante del Alcalde de la ciudad, quien da la bienvenida a los Congresistas, y éstos se trasladan en automóviles a los respectivos hoteles, para desayunar y descansar brevemente.

La mañana queda libre para visitar la población y sus monumentos artísticos, y ante un grupo reunido en una de las torres de la Catedral explana el señor Fallot una ligera explicación geológica del vasto panorama que se divisa, y especialmente de la cordillera principal, que se domina en una gran extensión.

A la una, almuerzo en los hoteles, y a las dos cuarenta y cinco, salida en automóvil con dirección a Inca, siguiendo el borde meridional de la sierra principal, siempre sobre depósitos aluviales, salvo dos

asomos oligocenos en las proximidades de Santa María y el depósito vindoboniense de San Marcial. Pasan los autos, sin detenerse, por Inca, para tomar la carretera de Sinéu, y una vez pasado aquel pueblo se hace una breve parada para dar una ligera explicación del Puig de Santa Magdalena, constituido por una imbricación del jurásico sobre el burdigaliense, y del conjunto de la región.

Se continúa hacia Sinéu, pasado el cual se desciende de los autos para continuar a pie por la trinchera del ferrocarril, en cuyo interior se observa el burdigaliense, mientras exteriormente puede apreciarse una alternancia de margas y areniscas, a las que se superponen unas calizas fétidas, con *Planorbis*, probablemente sanoicienses.

Se continúa nuevamente en los autos hasta dar frente al Puig de Son Font, constituido por burdigaliense coronado por oligoceno lacustre y atravesando un contacto del neocomiense, que pasa en su base a dogger, con el burdigaliense; se llega a otra trinchera del ferrocarril, que se recorre a pie, la cual, comenzando en el trías corta más adelante el dogger, sobre el que se puede apreciar una transgresión burdigaliense con horizonte de pudingas y areniscas, y al final de la trinchera las margas burdigalienses.

Se sigue después en los autos hacia Manacor, donde se comió y pernoctó.

Junio, 5. Antes de las siete de la mañana se salió de Manacor con dirección a Felanitx y Santueri, empleando en el camino una hora aproximadamente y atravesando el numulítico y neocomiense de la serie B de Darder; a la derecha se deja el Puig Pelat, constituido por trías.

Al llegar a Santueri, descendiendo de los autos, se observa el numulítico, muy fosilífero, en las proximidades de la casa, y su contacto con el neocomiense. Desde la terraza de la casa se domina un espléndido valle, de cuya tectónica se hace una ligera explicación. Se emprende en seguida la ascensión al Castillo, atravesando el doble pliegue tumbado de numulítico y neocomiense. A media ladera se ve a este último terreno sumamente laminado, recubierto por el manto triásico, con plano de corrimiento paralelo a la inclinación de la pendiente. Más arriba, las calizas jurásicas reposan directamente sobre el neocomiense, sin intercalación del trías, y ya en la cumbre se encuentran calizas con silex y oolíticas.

Desde el alto se divisa un soberbio panorama, análogo, en parte, al que a continuación se ha de ver desde la ermita de San Salvador, dominándose gran parte de la costa oriental de la isla, con numerosas y pintorescas calas abiertas en el vindoboniense; por el Noreste se ve el plano de corrimiento del trías de Sa Comuna sobre el neocomiense, y por el Suroeste, en términos alejados, el manto C en el Puig d'en Jarré y el D del Puig Gros de Santañy.

Se regresa a tomar los autos, y, pasando por Felanitx sin detenerse, se continúa hasta la ermita de San Salvador, adonde se asciende por una pintoresca carretera, que en sus numerosas y empinadas revueltas corta repetidas veces una zona intensamente plegada, con numerosos pliegues tumbados, cuyas charnelas están dirigidas al Noroeste o al Suroeste. Cerca de la cumbre se descubre un testigo de trías del manto C, sobre el numulítico, que forma la plataforma de la montaña.

Desde la cima se dominan las sierras de Manacor y Felanitx y numerosos y diversos testigos de las series B y C de Darder.

Regresamos a Felanitx, donde está dispuesto el almuerzo, y a las tres y media se emprende nuevamente la marcha hacia Manacor, atravesando las dolomías triásicas y una delgada capa de aluvial, numulítico cortado por un pequeño manchón triásico, neocomiense y calizas jurásicas, para penetrar en el vindoboniense y aluvial en que asienta Manacor, que pasamos sin detenernos para continuar a Porto Cristo, atravesando sucesivamente dogger de la serie A, vindoboniense, jurásico, triásico y nuevamente el vindoboniense.

Al llegar a Porto Cristo visitamos seguidamente las cuevas del Drac, cuya belleza es de fama mundial, y amablemente acompañados por su propietario, don Juan Servera, recorrimos detenidamente no sólo la parte que ordinariamente se enseña a los turistas, sino también la que se extiende al otro lado del lago Martel, que muy raramente se visita y que se conserva, por tanto, sin deterioro alguno.

Las cuevas se hallan excavadas en una molasa miocena que se emplea a veces como material de construcción, y aunque conocidas desde muy antiguo, quien verdaderamente las exploró y estudió científicamente fué Mr. Martel, bajo los auspicios del Archiduque Luis Salvador de Austria. Sobre estas cuevas y las que en días sucesivos se han de visitar ha escrito una interesante guía, con motivo de este Congreso Geológico, el Dr. Faura y Sans.

A las siete de la tarde se da por terminada la visita, y permanecemos en Porto Cristo para comer y pernoctar.

Junio, 6. Con objeto de dar un poco de descanso a los señores Congresistas se divide la expedición en dos grupos, lo que permite retrasar algo la hora de la salida.

Uno de esos grupos se dirige por Manacor a tomar la carretera de Son Servera, visitando un trozo de la trinchera del ferrocarril de Artá, en su kilómetro 4, en donde el trías subdolomítico de la serie A recubre el cretáceo y numulítico de la serie II de la región de Artá. Nueva detención en la trinchera del mismo ferrocarril, en el kilómetro 7,5, en donde las calizas fétidas del oligoceno están depositadas directamente sobre el trías, con intercalaciones de calizas neocomienses. Se recorre también la trinchera en los kilómetros 8 y 8,5, viéndose en este último una faja burdigaliense dentro del trías dolomítico.

Este recorrido convence a los Congresistas de la existencia de una doble discordancia que, como ha indicado Darder, demuestra la existencia de plegamientos antesanoisienses y otros postburdigalienses, notándose que desde este punto hacia el Este estos últimos resultan más visibles que los primeros.

El Sr. Argand dice que, como todos los Congresistas, está convencido de esta doble fase orogénica, así como de los accidentes transversales justamente descritos por el Sr. Darder y que testimonian la existencia de compresiones transversales a los empujes orogénicos, de lo cual Darder deducía la hipótesis de un posible empuje oligocénico Suroeste normal a los empujes postburdigalienses. El Sr. Argand, con la experiencia proporcionada por el estudio de acci-

dentes transversales en los Alpes Occidentales, propone otra hipótesis (1).

En vez de un empuje orientado del Suroeste al Noroeste, admitiría un mismo empuje Sureste-Noroeste, afectando igualmente a los corrimientos oligocenos como a los miocenos, atribuyendo los pliegues transversales a un fenómeno de torsión horizontal del conjunto de los corrimientos, dando a los ejes de los accidentes una forma curvada con convexidad dirigida hacia el Norte-Noreste. En tal fenómeno, la materia de la parte externa de los pliegues, o sea la parte frontal de los corrimientos, trabaja en extensión, mientras la parte de las sierras del interior de la curva trabaja en compresión, resultando así unos cuantos pliegues transversales, dispuestos según la dirección de los radios de la curva. Los accidentes que el Sr. Argand ha estudiado en los Alpes reproducen en mayor escala los que allí ven los expedicionarios, y sin perjuicio de los resultados que se obtengan de los trabajos detallados que el Sr. Darder continúa, ha creído útil indicar esta explicación.

Se atraviesa después la complicadísima región de San Lorenzo, con grandes plegamientos de neocomiense, burdigaliense, jurásico y trías, para seguir luego hacia Son Servera.

El grupo restante visita la cueva y sima de Hams, guiado por su propietario y descubridor, D. Pedro Caldentey. La cueva, iluminada eléctricamente, ofrece bellezas incomparables, que no han sufrido deterioro alguno gracias al vigilante cuidado de que han sido

(1) Posteriormente a la impresión de esta reseña, remite el Sr. Argand una nota que modifica ligeramente esta hipótesis, que aparecerá corregida en el *Compte Rendu del Congreso Geológico*.

objeto desde su descubrimiento, en 1906. Análogamente ocurre con la sima, en cuyo interior se encuentran bancos marmóreos, de los que se han extraído algunos bloques para ser labrados.

Terminada la visita, y después de ser agasajados por el Sr. Caldentey con un refresco, se emprende el camino para Son Servera, donde se reúnen nuevamente todos los excursionistas para continuar hacia el llamado Puig de Son Corp, formado por margas burdigalienses y coronado por un testigo de trías que soporta calizas jurásicas, prueba de un corrimiento postburdigaliense.

Desde ese punto se domina también la denominada Sierra Baixa de Sa Font, de la cual se hace una ligera explicación geológica, montando a continuación nuevamente en los autos, que nos conducen a Cala Bona, donde estaba preparado el almuerzo.

A las cuatro de la tarde embarcamos en canoas automóviles para trasladarnos, bordeando la costa, hasta otra pequeña cala, en las proximidades del Cabo Vermey, donde se encuentra la entrada de las cuevas de Artá, invirtiendo una hora en el recorrido. Durante la travesía por mar se domina la costa triásica, distinguiéndose a lo lejos la ventana neocomiense de Es Rafal.

Las cuevas de Artá contrastan extraordinariamente con las anteriormente visitadas por sus grandes proporciones, con columnas hasta de 17 metros de altura y bóvedas de 33 metros de elevación. Conocidas y visitadas desde muy antiguo, se encuentran en un anticlinal de caliza oolítica blanca, quizás jurásica.

A la salida de ellas se embarca nuevamente para trasladarse a Cala Ratjada, en donde se pernocta. En

el trayecto se observa muy visiblemente el cabalgamiento de la escama quinta sobre el flanco inverso laminado de la cuarta, cuyo neocomiense, muy plegado, se observa bien desde la embarcación.

Junio, 7. A las ocho de la mañana se sale en automóvil con dirección a la ermita de Artá, camino que atraviesa el trías de la serie III hasta el valle de S'Alqueria, donde, en su parte superior, se muestran las capas jurásicas de la vertiente Sureste de la Sierra de Farrutx, y en el fondo las calizas margosas del valangiense nerítico, que soportan al haueriviense con amonítidos.

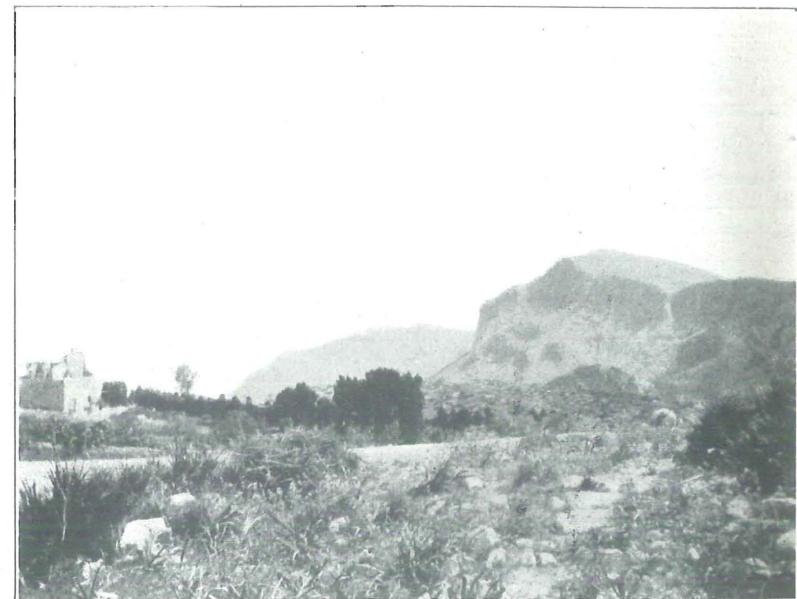
El camino de la ermita pasa por el neocomiense, penetra en trías y lias en el collado que une Sa Serra con Sierra de Farrutx, y al descender, nuevamente en las dolomías triásicas, cortándose el plano de corrimiento de la serie III sobre el neocomiense de la II. En la ermita aparece el neocomiense de la serie II con haueriviense y valangiense, y después de la ladera Noroeste, calizas con silex y margosas del dogger y el trías de la base de la serie II.

Se examina el conjunto de la región, de la bahía de Alcudia y de la falla de Es Grau, hasta llegar al marés cuaternario de Betlem, en donde esperaban los automóviles para volver a Artá, dando la vuelta al macizo de Farrutx, pasando por el valle de Morell y atravesando las calizas margosas neocomienses y el trías de la serie III, no sin detenerse brevemente para examinar un «talayot» (monumento megalítico) que se encuentra en la proximidad del camino.

Se almuerza en Artá, y a las cuatro se emprende la marcha hacia Santa Margarita, atravesando el vindo-boniense o el marés que lo recubre. Pasado este



Proximidades del Puig Mayor.



Ermita de Artá.

pueblo, se atraviesa una caliza fétida del oligoceno lacustre, y poco después el vindoboniense, sobre el cual está edificada la villa de Murb. En ésta se visitan las canteras de caliza basta con abundantes moldes de gasterópodos y lamelibranchios, difícilmente clasificables.

Sigue la carretera por el aluvial de La Puebla, y después penetra en el valle de Son Fe, donde existen algunas explotaciones de lignitos, al parecer en el oligoceno. Se sigue por un ancho valle en aluvial, de muy poco espesor, sobrepuerto al burdigaliense, y se llega a Pollensa, donde un pequeño grupo realiza la ascensión al Puig Pollensa, constituido por calizas liásicas y en su base trías sobre margas neogenas, mientras el resto continúa al Puerto de Pollensa, donde se come y pernocta.

Junio, 8. También este día, y con el mismo objeto de dar un poco de descanso a los excursionistas, que así lo deseaban, se dividió la expedición en dos grupos. El primero y más numeroso se dirige al Castillo del Rey, atravesando las formaciones cuaternarias del valle de Pollensa y después el jurásico y triásico, este último con afloramientos de rocas eruptivas. El castillo está edificado sobre un bloque de lías superpuesto al trías y mioceno. Desde el mismo puede observarse el conjunto de las escamas que constituyen la parte septentrional de la cordillera principal.

El otro grupo se dirige a la Cala San Vicente, de incomparable belleza, aunque la hora a que se visita no es la más apropiada para apreciar los contrastes de luz que dan al conjunto un singular realce. El camino va encajado en el valle de San Vicente, cruzando las calizas jurásicas con buzamiento Sureste

que soportan una pudinga miocena, areniscas y marcas grisazuladas, a su vez recubiertas por una nueva escama.

Se regresa a Pollensa a la una para almorzar, y de allí se parte en los autos por el camino del monasterio del Lluch, del cual se recorren unos cinco kilómetros hasta llegar a las proximidades de Son March, en cuyo punto se hace inaccesible el camino para los autos. Se recorre un valle recubierto de aluvial, apareciendo en sus flancos el jurásico y algunas veces el triásico, dejando a la derecha el Puig Tornellas, constituido por una imbricación con su base formada por trías inclinado contra el mioceno y lías, que desaparece bajo los aluviones del valle.

Después de una breve explicación del conjunto de la región, se regresa nuevamente a Pollensa, para tomar la carretera que conduce a Inca, atravesando el terreno aluvial casi en todo su recorrido y una pequeña mancha de helveciense rodeado de estambres a las puertas de esta última población. Se piense a las puertas de esta última población. Se emprende desde allí la pintoresca y accidentada ascensión al monasterio de Lluch.

La carretera corta la serie II pasando por hondos barrancos y ásperos montes. Esa serie se halla dividida en esta parte de la sierra por imbricaciones de detalle, cabalgando en cada una de ellas el trías de su base al titónico, cretáceo o burdigaliense, según los puntos de la siguiente. Todas estas escamas buzan unos 45° al Sureste. El trías de la última, muy cargado de rocas eruptivas, forma el puerto, después del cual se desciende hacia el monasterio. La base del trías descansa sobre las calizas del burdigaliense con *Amphistegina* y *Clypeaster*, apareciendo en ventana



Puig de San Salvador.



Mioceno de S. Lluch.

entre el macizo del P. Roig y el P. Tomir. El propio monasterio está construido sobre el mioceno.

Los Congresistas llegan a las siete y media, para comer y dormir en la hospedería del monasterio.

Junio, 9. A las seis de la mañana se emprende la marcha a pie, y los menos montados, hacia Fornalutx, contorneando la ladera Norte del Puig de Masanella, siguiendo casi exactamente el contacto del burdigaliense con el trías de la serie II, que lo recubre.

Los pliegues de la serie I aparecen después de la primera casa de Casas Novas, divisándose, en primer término, los magníficos cortados de la parte superior del curso del torrente de Pareys y los «Lapies», cuyas esculturas gigantescas forman todo el lado de la montaña. En el valle de Ca'l Reys se observó un manchón andesítico, quizás post-triásico.

Después de llegar al collado, los Congresistas tienen a la vista el corte natural de las diversas escamas interpuestas entre la base de la serie II que forma la masa principal del Puig Mayor y la serie I que forma el Puig de Sa Costera y toda la costa brava.

La comitiva bordeó la ladera Noroeste del Puig Mayor, admirando las escamas imbricadas que éste muestra y que dan lugar a repetidos manchones de mioceno, algunos de ellos fosilíferos, mostrando niveles con plantas.

El descenso al valle de Sóller se verificó por Bonnaber, comiendo en la fuente de este predio y descendiendo por el trías de la base de la Sierra de Bonnaber, en los derrubios de cuya ladera ocurrieron deslizamientos de tierras en diciembre de 1924, cuyos estragos pudieron apreciar los excursionistas, y que fueron causados por la acción de las aguas sobre

los yesos y arcillas del trías. Antes de llegar a Fornalutx atravesaron uno de los manchones eruptivos más importantes de la isla.

Los automóviles, con un pequeño número de excursionistas, dan la vuelta por Inca, Santa María, Buñola y Sóller, hasta Fornalutx, donde a las tres y media recogen el resto de la expedición y regresan por el fértil valle de Sóller a esta población, donde son recibidos y agasajados por su Ayuntamiento.

A las seis de la tarde se emprende nuevamente la marcha por la carretera de la costa, trazada en cornisa sobre el mar y dominando un espléndido panorama, hacia Deyá. Atraviesa en un principio el trías de la vertiente del Teix, y penetra después, hacia el Sur, en el valle de Deyá, donde corta el mioceno de la serie I de Fallot, al que se superpone el trías, y bordea una colina de arenisca neogena con coronamiento de dolomías triásicas, sobre la que está edificado el pueblo.

Sigue la carretera sobre mioceno con buzamiento al Sureste, en el que se encuentran algunos yacimientos de anfisteginas, y llega en Sa Pedrosa a cortar el subestrato, constituido por calizas del lías que soporan al burdigaliense en Son Masroig, donde se detiene la expedición para recoger fósiles, bastante abundantes en ese punto, y para asomarse a los diferentes miradores que, así como los de Miramar, en que también se hace un alto, fueron construidos por el Archiduque Luis Salvador de Austria para ofrecer al turista espléndidos puntos de vista. Sigue después por alternancias de neogeno y trías, cortando una de las veces el único asomo conocido en la isla de trías inferior, hasta llegar a Valldemosa.

En este punto hay una breve parada para visitar la Cartuja, que si bien hoy día ofrece escaso interés por las diversas reparaciones y reformas llevadas a cabo en ella, conserva siempre el recuerdo de haber albergado entre sus muros al gran músico Chopin y a Jorge Sand.

Se reanuda la marcha con dirección a Palma, donde se come y pernocta.

Junio, 10. A las ocho de la mañana, salida de Palma con dirección a Esglaieta, Canet y Son Vich, para llegar a Es Grau, de donde se domina la depresión de Puigpunyent, en la que el fondo del valle está constituido por el burdigaliense de la serie I y las paredes por el trías, que falta alguna vez, y el lías, viéndose además dos pequeñas colinas neogenas que conservan en su cúspide un pequeño testigo liásico de la escama corrida.

Vuelven los autos con dirección a Esporlas, Bañalbufar y Estallénchs, con breves detenciones para explicar los accidentes de detalle, tales como el mioceno fosilífero de la serie inferior que se encuentra en el kilómetro 19 y las fértiles proximidades de Bañalbufar, en donde se encuentran margas azuladas burdigalienses, con un nivel acuífero. Se continúa después sobre neogeno hasta llegar a Estallénchs, en donde se almuerza, continuando después con dirección a Andraitx, atravesando primero un espolón formado por conglomerados neogenos y después el liásico y el triásico.

Después de pasar los autos el túnel de Es Grau, al pie Noroeste del Puig Esclop, suben los excursionistas a un mirador para dar una última ojeada a la costa brava y discutir las principales observaciones que acaban de hacer en la sierra principal.

El Sr. Fallot hace constar que Es Grau se halla en uno de los puntos bajos de los ejes de los accidentes. Hacia el Oeste la elevación del eje se notará después del Pla de S'Evangélica. Hacia el Este se ha notado en Bañalbufar, y después de la inflexión de Planas, en la posición vertical del burdigaliense de Son Valentí. Más allá, la región de Miramar, que se divisa a lo lejos, corresponde a otra zona elevada. La depresión de los ejes se observa después en Sóller, nueva elevación correspondiente al macizo de Sa Costera contra el cual se apoya el Puig Mayor, y en la parte de Lluch, y por fin, una última depresión axial se nota en los alrededores de Pollensa.

El Sr. Argand, volviendo a su hipótesis de los primeros días, la completa con lo recientemente visto. Para él, los accidentes transversales de la sierra miden una amplitud demasiado grande para ser sencillamente el resultado de los fenómenos de compresión que acompañan a los corrimientos. Tampoco pueden atribuirse al relieve sobre el cual se produjeron los corrimientos, y, por tanto, supone que pueden haber sido producidos al mismo tiempo que los accidentes transversales de la Sierra de Levante y por el mismo fenómeno de torsión.

Si se admite este modo de ver, esto significaría que toda Mallorca pertenece a la parte interna del arco montañoso torcido, habiendo sufrido la compresión, mientras la parte externa, que habrá sufrido fenómenos de distensión, se hallará debajo del mar, en el canal hundido entre Mallorca y la Península. En esta consideración se supondría una mayor anchura a la zona de los corrimientos que lo que antes se suponía.

También nota el Sr. Argand que esta hipótesis local no modifica las interpretaciones generales que había dado con motivo del Congreso de Bruselas. Mallorca e Ibiza, constituidas por mantos superpuestos, corridos antes del sanoisiense y después del burdigaliense, pueden por la facies de una parte de sus terrenos, tanto como por el tipo superficial de sus corrimientos, relacionarse, como lo indica el esquema figura 27 (ARGAND: *La Tectonique de l'Asie: XIII Congrès Géologique International* de Bruxelles, 1922), con las dinaridas, o sea con la gondwania.

Después del paroxismo anteoligoceno y los primeros movimientos de lo que él ha llamado «las grandes distensiones» (*les grandes distensions*), una parada en esas distensiones ha sido seguida, como muy generalmente en el edificio alpino, de un nuevo paroxismo, del cual nacieron los corrimientos mioceños. La fase distensiva siguiente está indicada por la transgresión del vindoboniense marino. En fin, los movimientos alternativos de distensiones y de compresión pueden explicar la ausencia del mioceno superior marino, del plioceno marino, etc.

La torsión supuesta para explicar los accidentes transversales de Mallorca tendría que ser posterior al movimiento de rotación del conjunto corso-sardo pues es postburdigaliense, por lo menos en su fase final.

En cuanto a la cuestión de Menorca, se la puede interpretar de diversas maneras.

El Sr. Fallot llama la atención de los Congresistas sobre el hecho de que las conexiones de los accidentes anteburdigalienses de Menorca, con los pliegues de la Sierra Ibérica, no pueden ser admitidas. Cuando se hizo el esquema figura 3 de la guía, se

había indicado en él con duda la interpretación admitida por M. Joly después de sus investigaciones en las sierras de Albarracín, Montalbán, etc., porque este Geólogo había dado la fecha de los movimientos como anteoligocena, y había hablado de su prolongación hacia el Sureste. El Sr. Fallot había admitido parcialmente esta hipótesis, pero después que se publicó la guía realizó con el Dr. Bataller unas investigaciones entre Montalbán y el litoral de Castellón, demostrando que los accidentes no tienen prolongación hacia el Sureste, y sobre todo que son postchatienses y sin duda postburdigalienses. Así resulta imposible relacionar Menorca con estos pliegues de la Península. Sin embargo, queda la posibilidad de suponer que las dislocaciones de Menorca representan la continuación de los accidentes antisanoisienses de Mallorca, admitiendo, mientras se producían las distensiones y compresiones, un cambio en la posición de Menorca relativamente a Mallorca, para explicar la ausencia de burdigaliense plegado en la primera de estas islas.

El Sr. Argand dice que el hecho de no ser plegado el mioceno de Menorca no se opone a la reunión de Menorca con las demás Baleares en el conjunto que ha admitido en la citada obra. Se puede admitir cierta movilidad de Menorca durante las fases oligomiocenas, pero también puede ser que esta isla no esté autóctona, siendo, al revés, en su totalidad un elemento corrido.

Los modos operatorios que pone la hipótesis movilista a disposición del geólogo son numerosísimos, y el análisis de todas estas interpretaciones ha de ser continuado.

El Sr. Darder aprovecha la ocasión de esta discusión sintética para manifestar que, salvo los resultados de nuevas observaciones, estaría dispuesto a admitir la ingeniosa hipótesis de torsión que ha imaginado el Sr. Argand para explicar los accidentes transversales de Mallorca.

Llegados al Pla de S'Evangélica, en donde el camino se separa de la línea de la costa dirigiéndose hacia el interior de la isla, se encuentra el trías superior con afloramientos de rocas eruptivas, y sobre ese trías se continúa hasta llegar a Andraitx. Sin entrar en éste, se sigue hacia S'Arracó, edificado sobre una depresión en la que domina el aptense, y rodeado de colinas liásicas, que por algunas partes cabalgan sobre aquél. Toda la región es de una gran complicación tectónica, predominando la serie II de Fallot, salvo algunos testigos de la III.

Después de una breve parada en el collado para hacer una explicación del conjunto, se continúa hacia el caserío, deteniéndose en la Escuela de niñas, donde la maestra, Sra. Pomer, con auxilio de sus pequeñas alumnas, había recogido numerosos fósiles piritosos del Gault, que amablemente puso a disposición de los Congresistas, visitándose, por último, su lugar de yacimiento en San Telmo antes de regresar a Andraitx para comer y pernoctar.

Junio, 11. A las nueve de la mañana se trasladan los excursionistas en los automóviles al pintoresco puerto de Andraitx, atravesando siempre terrenos aluviales y marés, y tras una breve detención, se retorna nuevamente a Andraitx, para proseguir por la carretera de Palma. Al llegar al collado, situado entre la Sierra de Garrafa, formada de triásico y liásico, y la Serreta de

Cala Blanca, constituida por triás, se encuentra liásico superior, bajociense, batoniense, titónico y neocomiense inferior, todos fosilíferos y pertenecientes a la serie III de Fallot. Se hace allí una parada para recoger fósiles en el mismo lugar de yacimiento, a más de los que con ese objeto habían ido almacenando los peones camineros. Continúa la carretera sobre terrenos cretáceos hasta el kilómetro 23, en el que se entra en el numulítico, para volver a atravesar, a los cuatro kilómetros, un anticlinal liásico rodeado de cretáceo medio e inferior, entrando después en la zona de aluviones de la región de Santa Ponsa, y en ellos se sigue por espacio de unos diez kilómetros, salvo un pequeño asomo jurásico al cortar las estribaciones de la Sierra de Na Burguesa. Vuelve a atravesarse nuevamente el jurásico, y se deja la carretera para subir al castillo de Son Bendinat. En este punto se encuentra una trinchera que deja al descubierto el neocomiense fosilífero, el titónico y el dogger. Se visita el interior del castillo, que encierra numerosas obras de arte, y se prosigue hacia el hotel de C'as Catalá, donde son obsequiados los señores Congresistas con un almuerzo, ofrecido por el Ayuntamiento de Palma.

Terminado éste se asciende al castillo de Bellver, que domina la ciudad de Palma, su espléndida bahía y gran parte de la cordillera principal, de cuya tectónica se hace, como despedida, un breve resumen, dándose con esto por terminada la parte geológica de la expedición.

Junio, 12. Despues de dedicar la mañana a la visita de la población y sus monumentos, se asiste al almuerzo ofrecido por la Diputación provincial en el Hotel

Mediterráneo. A continuación se visita el Ayuntamiento, cuya biblioteca encierra interesantes y numerosos volúmenes, y varias casas particulares, verdaderos museos de obras de arte, amablemente abiertas por sus dueños para que pudieran visitarlas, y después de un té ofrecido por los concurrentes a los organizadores de la expedición, se embarca, a las nueve de la noche, con rumbo a Barcelona, adonde se llega a las siete de la mañana del día siguiente, dispersándose inmediatamente todos los expedicionarios.

Debemos manifestar los organizadores nuestra gratitud a todos los asistentes por lo mucho que en todo momento facilitaron nuestra misión, procurando siempre allanar cuantos obstáculos pudieran presentarse, dando su conformidad a cuantas decisiones se tomaban y no mostrando nunca cansancio o malestar, a pesar de que por dificultades materiales no siempre se les podían proporcionar las comodidades que hubiésemos deseado.

También nuestro agradecimiento a todas las autoridades locales por sus agasajos y por su valiosa cooperación.

Afortunadamente ningún incidente desagradable puede mencionarse, ya que no cabe calificar de tal, aunque sí fué sumamente lamentable, una ligera indisposición sufrida por uno de los expedicionarios, que le impidió seguir el curso de la expedición durante los primeros días de estancia en la isla, pudiendo, sin embargo, incorporarse para recorrer la parte más interesante geológicamente y de más belleza.

ÍNDICE DE LA PRIMERA PARTE

INDICE DE LA PRIMERA PARTE

	Páginas
Excursión A - 7.— Canarias.....	331
» B - 1.— Minas de Almadén.....	345
» B - 2.— Guadarrama	349
» B - 3.— Aranjuez.....	353
» C - 1.— Asturias.....	361
» C - 2.— Minas de Bilbao	367
» C - 3.— Cuenca Potásica de Cataluña y Pirineo central.....	371
» C - 4.— Cuenca Potásica de Cataluña y Pirineos orientales	381
» C - 5.— Mallorca	387
INDICE	411



1803023
1803028
1803029
1803030
1803031

BOLETÍN
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO DE ESPAÑA

II/2-2-1

BOLETÍN
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO
DE
ESPAÑA



TOMO XLVII
—
TOMO VII
TERCERA SERIE
SEGUNDA PARTE
(1926)

MADRID
GRÁFICAS REUNIDAS, S. A.
CALLE DEL BARQUILLO, 8
1926

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

CAPÍTULO V

**OROGRAFÍA
Y
GEOLOGÍA TECTÓNICA
DEL PAÍS
CÁNTABRO-ASTÚRICO
POR
E. CUETO Y RUI-DÍAZ
*Ingeniero de Minas.***

OROGRAFÍA Y GEOLOGÍA TECTÓNICA

DEL PAÍS

CÁNTABRO - ASTÚRICO

INTRODUCCIÓN

El objeto de este trabajo es el estudio de la orografía y geología tectónica de la porción del N. de España formada por Asturias, la parte montañosa de las provincias de León y Palencia y el extremo occidental de la de Santander. Son visibles en esta región formaciones muy diversas, estando en ella escalonados los terrenos en la forma figurada en el adjunto mapa geológico. Los pliegues anticlinales y las fracturas que han dislocado los estratos, así como las fajas de rocas profundas que aquellos accidentes han hecho asomar a la superficie, describen curvas elípticas, más o menos paralelas, que coinciden con las cordilleras más elevadas, las cuales se agrupan, como consecuencia de la expresada disposición de los elementos tectónicos, de un modo muy característico. Las cordilleras más occidentales del grupo se encuentran en Galicia y las más orientales en las provincias vascas, pasando muchas de ellas, casi sin solución de continuidad, de la vertiente castellana a la cantábrica; configuración que imprime a todo el N. de España, con excepción del Pirineo, una común fisonomía orográfica.

fica. Como, por otra parte, del relieve del terreno dependen principalmente los demás factores que integran la región geográfica natural, como tal debe ser considerada, a nuestro juicio, toda la orla montañosa cantábrica, aunque, adoptando un criterio más restricto (el de las formaciones geológicas dominantes), puede ser subdividida, como han hecho Hernández-Pacheco (1) y Dantín Cereceda (2), en tres regiones mucho más reducidas: la galaica, la astúricoleonesa y la vasco-cantábrica.

La superficie a que vamos a referirnos, y que nombraremos en lo sucesivo, para simplificar el lenguaje, «país cántabro-astúrico», es como el núcleo de la región natural cantábrica, pues forma el centro de ella y contiene sus ramas orográficas más elevadas. En su parte meridional se halla además, como luego se verá, el enlace de las montañas del N. de España con la cordillera Ibérica, mostrándose ésta como la consecuencia del desarrollo hacia el SE. de una de las líneas de relieve más importantes de aquéllas. Su estudio ofrece, por las circunstancias apuntadas, excepcional interés, y puede contribuir a esclarecer la complicada tectónica de la Península Ibérica, la cual plantea problemas que, a pesar de los esfuerzos realizados por los Geólogos, distan mucho de haber sido resueltos de un modo satisfactorio.

Dividimos el trabajo en las siguientes partes:

Orografía.

Estructura geológica del mazizo cántabro-astúrico.

Causas que han determinado la forma curva de las cordilleras.

Supuestas cobijaduras del país cántabro-astúrico.

Breve historia geológica de la región.

Relaciones de las montañas cántabro-astúricas con los sistemas orográficos próximos.

Hidrografía del país cántabro-astúrico.

O R O G R A F Í A

La descripción de las montañas del país cántabro-astúrico, si por dicha expresión se entiende no una simple relación de los más importantes elementos morfológicos, sino la enumeración de éstos en un orden que exprese las relaciones geográficas y tectónicas que entre ellos existen, ofrece dificultades punto menos que insuperables. Refiriéndose Guillermo Schulz (3) a Asturias, provincia de cuya topografía había hecho un prolífico estudio, escribe lo siguiente: «Para dar a conocer la geología de un país, o sea la naturaleza, posición y edad relativa de los terrenos que lo constituyen, conviene generalmente principiar con una reseña orográfica de su configuración y relieve, lo cual sería obra difusa tratándose de Asturias, donde las montañas son tantas y tan diversas que, verdaderamente, enmarañan las nueve décimas de la superficie en término que sólo por medio del dibujo puede darse idea cabal de ella.» Las líneas transcritas pueden ser aplicadas, con la misma exactitud que a Asturias, a toda la provincia de Santander y a la parte montañosa de las de León y Palencia. No obstante lo dicho, creemos que los rasgos primordiales de la fisonomía orográfica de la región de que hablamos pueden ser encerrados en un esquema relativamente sencillo. Esto es lo que procuraremos poner de relieve en el presente capítulo.

Nada aparentemente más inconexo que el conjunto de peñas, serranías y cordales que integran las montañas cántabro-astúricas. Dichas partes del relieve se hallan orientadas de muy diverso modo, y las más elevadas no se encuentran siempre, como pudiera esperarse, en la divisoria de aguas de Castilla y las provincias cantábricas, sino que unas se destacan al N. y otras al S. de aquella línea. A pesar de esto, las montañas distan mucho de estar distribuidas de un modo

incoherente, pues, como ahora se verá, los macizos se agrupan en cordilleras y éstas se ordenan en haz obedeciendo a leyes definidas. Para poner de manifiesto estos hechos basta considerar en muchos casos las puras relaciones orográficas, pero en otros es necesario recurrir a razones de orden tectónico. Se prestará por ahora preferente atención a las primeras, mencionando las segundas (que serán analizadas en otro capítulo) sólo cuando se juzguen indispensables para esclarecer puntos particularmente oscuros. Como la exposición completa y clara de la materia requeriría un desarrollo desproporcionado con la extensión que nos proponemos dar a este trabajo, y exigiría, además, un conocimiento perfecto de la compleja orografía de las provincias más quebradas de España (conocimiento que no poseemos), se hará referencia, en lo que sigue, sólo a los elementos del relieve que creemos más esenciales y característicos. Las alturas que se consignan han sido tomadas de diversos mapas o medidas directamente con barómetro.

En toda la región de que se trata existen montañas de considerable altura, pero las que exceden de 2.000 metros se hallan casi todas en la parte ocupada por la formación carbonífera. Por esta razón, y por ser las sierras de caliza dinantiense las que mejor demuestran la ley que rige la morfología, se hará primero la reseña orográfica de aquel terreno, procediendo después a dar a conocer el relieve de las formaciones más antiguas (devoniano, siluriano y cambriano), y, finalmente, se hará mención de las cordilleras que se levantan en el triásico.

El más notable de los macizos de caliza carbonífera, por su altitud, fragosidad y riqueza de formas, es el conocido con el nombre de Picos (o Peñas) de Europa, el cual es parte integrante de una de las ramas orográficas más dilatadas del país. Empezaremos por este macizo, que descuelga a pocos kilómetros del mar, la descripción de las montañas cántabro-astúricas. Los Picos de Europa han sido estudiados bajo el aspecto

geográfico por varios autores, mereciendo entre ellos ser citados (por las extensas monografías que han publicado) el Marqués de Villaviciosa de Asturias (4), Zabala y el Conde de Saint-Saud (5). Se les asigna, en general, la dirección Este-Oeste. Saint-Saud se expresa, en lo que respecta a este punto, en los siguientes términos (6): «Los Picos de Europa son, según esto, un poderoso macizo, aislado, muy característico, muy original de forma, que se yergue, paralelamente y sobrepujándola, al N. de la cordillera cantábrica, permaneciendo con todo muy próximo a ella, de la cual se halla separado por dos profundos valles: el de Liébana y el de Valdeón (se puede aún añadir el de Sajambre, de importancia mínima).» Para nosotros la dirección del macizo de las Peñas de Europa es la Estenoriente. He aquí las razones en que fundamos esta opinión: los cortes tomados por L. Mengaud (7) a través de la provincia de Santander demuestran que el elemento tectónico del cual es la parte de mayor relieve el grupo de que hablamos, se prolonga a lo largo de aquella provincia, donde son visibles diversos asomos de caliza carbonífera, estando el más oriental de ellos (el de Caldas de Besaya) alejado de la divisoria hidrográfica doble distancia por lo menos que la que separa a Peña Santa, cumbre más occidental de los picos, de la misma línea. Prescindiremos por el momento de las montañas que forman dicha prolongación, cuyas cimas ninguna llega a 1.000 metros de altura. Los Picos de Europa se dividen, en el sentido de la dirección, en tres trozos o grupos, a saber: el oriental o de Andara, limitado por los ríos Deva y Duje; el central o de Cornión, comprendido entre el Duje y el Cares; y el occidental o de Peña Santa, limitado por el último río nombrado y el Sella. Las cimas más elevadas del grupo oriental son la Tabla de Lechugales (2.445 metros) y Cortes (2.373 metros). Las del grupo central son la Torre de Cerredo (2.642 m.), Torre del Llambríon (2.639 m.) y Peña Vieja

(2.615 m.); pero el risco de más difícil acceso, a pesar de su menor elevación (2.516 m.), es el Pico de Urriello o Naranco de Bulnes. El punto culminante del grupo occidental es la Torre Santa de Castilla (2.586 m.), en torno a la cual se agrupan otras peñas más bajas, entre ellas Peña Santa de Enol (2.479 metros) y Torre Bermeja (2.391 m.). Al O. de los Picos de Europa, y enlazado a ellos por el arco formado por la serranía de Beza y Canto Espina, se levanta el cordal de Arcenorio, que está arrumbado al SSE., con cuya dirección cruza la divisoria de aguas y entra en la provincia de León. Dicho cordal no está constituido exclusivamente, como los Picos de Europa, por caliza carbonífera, sino por grandes fajas de esta roca separadas por tramos más delgados de pizarras y areniscas, no faltando tampoco, asociados a las calizas, algunos bancos de cuarcita siluriana. Los estratos de todas estas rocas marchan al hilo de la montaña destacándose sobre los demás, y constituyendo las cumbres más elevadas las de caliza dinantiense. Las alturas mayores del cordal de Arcenorio son: El Pico de Ten (2.122 m.) y Pico Pierzo (1.585 m.).

Este cordal, juntamente con las ramas que corren más al O. (a las que después se hará referencia), penetran, como ya se ha dicho, en la provincia de León con el rumbo Suroeste, dando lugar a un conjunto de sierras cuyas cúspides son todas de altura inferior a la del Pico de Ten. Paralelamente a ellas se extiende el valle de Valdeburón. La caliza, que en el cordal de Arcenorio tiene gran desarrollo, es sustituida al entrar aquella montaña en la provincia de León por pizarras, areniscas y algunos bancos de conglomerados, quedando, sin embargo, de la primera de dichas rocas, varios testigos y tramos. El más importante de éstos tiene su extremo NO. en Vegacerneja, y corre después al hilo de la sierra de Riaño, cuyo canto forma, alcanzando en algunos puntos elevaciones próximas a 2.000 metros. Después de esta sierra

el relieve se atenúa notablemente, no recobrando la cadena considerable altura hasta los límites de León y Palencia, donde se yergue el agudo y fragoso Pico Espigüete (2.453 metros), comienzo de otra sierra caliza que se extiende hasta el N. de Cervera de Pisuerga. Se arrumba claramente de NO. a SO., y tiene por cimas principales el pico ya citado y las peñas del Tejo y Santibáñez de Resoba, estas últimas con alturas no inferiores a 2.000 metros. El extremo SE. de esta sierra es el cordal de Vergaño y monte Corisa, donde los estratos cambian de dirección, y, después de plegarse repetidas veces, forman la base de otra línea de relieve de posición más oriental, de la que se hará más tarde la oportuna mención.

La cordillera descrita tiene la forma de un arco de ellipse, con la convexidad vuelta al NO., que se inicia en la costa cantábrica con dirección ENE., se tuerce hacia el S. en el centro de Asturias, y entra, por fin, en las provincias castellanas con dirección SE., arrumbamiento que conserva hasta la orilla N. de la meseta ibérica. Dicha línea de relieve es cortada por los ríos Deva, Cares, Sella, Cárdozo, Carrión y Pisuerga, de los cuales, los tres primeros desembocan en el mar Cantábrico, y los dos últimos vierten sus aguas en el Duero. Los citados ríos pasan la cordillera, en general, por hondas abras labradas en la caliza, conocidas en la región con los nombres de «hoces» y «beyos». Los caracteres morfológicos y la naturaleza tectónica de estas quebradas serán examinados más adelante. Es digna de notarse la circunstancia orográfica (que se halla también realizada en otras cadenas) de encontrarse las cimas culminantes a uno y a otro lado de la divisoria hidrográfica, línea considerada generalmente por los geógrafos como el eje de la cordillera cantábrica. Las cimas más elevadas del N. de España (si se exceptúa el Pirineo) se encuentran en los Picos de Europa, que se destacan, como se ha visto, al N. de aquella línea. El Espigüete, cuya altura es

del mismo orden que la de los Picos de Europa, se alza varios kilómetros al S. de la divisoria de aguas.

Concéntricas con la cordillera descrita, y próximas a ella por el lado externo de la curva, se levantan varias líneas de relieve que carecen de la continuidad, y sobre todo de la elevación de la mencionada, pero que, no obstante, poseen algunos segmentos de singular importancia orográfica. Aunque en muchos casos no es posible establecer entre los diversos macizos que las integran enlaces precisos, la varia orientación de éstos (los de la costa cantábrica se arrumban al OSO., los del centro de Asturias al S. y los de la vertiente castellana al SE. o ESE.) prueba que todos ellos son fragmentos de cadenas curvilíneas de forma análoga a la de aquella a que acaba de hacerse referencia. Hay, además, en apoyo de esto poderosas razones de orden tectónico, que serán aducidas oportunamente. Al N. de los Picos de Europa, entre este gran grupo orográfico y el mar, existen varias sierras de caliza carbonífera sensiblemente paralelas al eje de aquella montaña. La más importante de todas, por su longitud y elevación, es la cordillera de Cuera, cuyas cúspides principales son: Pico Turbina (1.490 metros) y Peñablanca (1.316 metros). Casi todas ellas terminan por el E. en el mar, y por el O. se hallan interrumpidas por el valle del Sella. A poniente de este río sobresalen nuevas montañas, prolongación evidente de las de la orilla oriental, pero arrumbadas al SO. Se doblan después al S., y, por fin, cerca ya de la divisoria de provincia, se orientan al SE. y entran con este rumbo en Castilla. El cordal de Ponga, cuyo pico más alto (Teatordos) se aproxima a 2.000 metros de elevación, es el más imponente de los eslabones de la rama asturiana de estas cadenas, las cuales se desarrollan paralelamente al valle de Valdeburón, y muy próximas a las que se derivan del cordal de Arcenorio, hasta enlazarse, después de experimentar varias depresiones, con las sierras bajas que

corren al SO. de Pico Espigüete y Peña del Tejo, constituidas también por pizarras, areniscas y calizas del carbonífero, aunque esta última roca forma bancos mucho más angostos que los que asoman en las montañas de Asturias, de que aquellas sierras son, según todas las probabilidades, la continuación.

También por el lado cóncavo de la cordillera integrada por los Picos de Europa, cordal de Arcenorio, Sierra de Riaño, Espigüete y Peña del Tejo existe un grupo de cumbres elevadas, constituidas principalmente por conglomerados huleños, situadas sobre un arco muy cerrado, concéntrico con el que forma la cordillera de caliza. No originan dichas cumbres una rama orográfica independiente, puesto que en muchos trozos están soldadas las sierras de caliza a las de pudinga, pero en ciertos puntos adquiere esta roca tan pronunciado relieve, que llega a sobrepujar al de las peñas calizas próximas. Las más importantes son: Coriscao (2.240 m.), Pico Gildar (2.083 m.), Peña Prieta (2.533 m.) y la majestuosa mole de Curavacas (2.517 m.). Las ramas meridional y septentrional del arco se hallan unidas por el cordal que va de Coriscao a Peña Prieta (divisoria de aguas del Esla y el Deva), en cuyo punto medio se halla el puerto de San Glorio (1.650 m.).

Al O. de las serranías y cordales antes enumerados se encuentra otra extensa cordillera arqueada, cuya porción central forma el límite E. de la cuenca carbonífera rica de Asturias. El puerto de Sueve, masa caliza de 1.158 metros de altura, y su continuación por las sierras del Fito y Cajigosa, constituye el extremo boreal de esta línea de relieve, la cual se pierde en el mar cerca de Vega, donde la cuarcita de las sierras nombadas se corta, en el paraje llamado Entrepeñas, en pintorescas agujas. La dirección de la serranía de Sueve y la de las sierras que, por uno y otro extremo, forman su prolongación (las ya citadas y las de Pino y Cayón), es la NE-SO. Al N. de

Infinito está limitada la cordillera por el valle del Piloña, río que la cruza pasando por una brecha abierta en la cuarcita siluriana cerca del apeadero de Pintueles, continuando después con idéntica dirección por las sierras de Ques y la Llomba, donde se dobla hacia el S., y adquiere, con la reaparición de la caliza carbonífera, relieve muy pronunciado, el cual persiste en toda la sierra de Peñamayor, cuya elevación se aproxima, en los picos más altos, a 1.300 metros. Este macizo termina por el S. en el valle del Nalón, al otro lado del cual la cordillera muestra una mayor complicación orográfica. Al propio tiempo la caliza se angosta y ramifica, mientras que la cuarcita que la acompaña adquiere enorme espesor, lo que da por resultado que en todo el tramo comprendido entre el Nalón y el puerto de San Isidro predominen las montañas de cuarcita sobre las de caliza. Las causas que han complicado el relieve en esta parte de la cordillera son, en primer término, de orden tectónico, aunque las acciones erosivas han contribuido también al mismo efecto. Los estratos de la región no toman la dirección SE., como ocurre en otras cordilleras, describiendo una curva de amplio radio, sino trazando, como se analizará en el siguiente capítulo, dos pequeños arcos con la convexidad vuelta hacia el NO. (enlazados por otro de curvatura inversa), a los cuales se ajusta la dirección de las crestas que dominan por NE. y SO. el valle de Felechosa. Sobre el borde convexo del primer arco (el más próximo al río Nalón) se levanta Peña Mea (1.600 m.), y en posición análoga, con respecto al segundo arco, se destaca la serranía de Fuentes de Invierno, en cuyo extremo meridional se haya el pico de Jeje, de 1.990 metros de altura. Próximos al borde cóncavo de las mismas curvas se yerguen los picos de Retriñón, Torres y Valverde, los dos primeros de cerca de 2.000 metros de altitud. Las varias ramas en que se fracciona la cordillera al entrar en la provincia de León, avanzan rectamente al SE.,

siendo la más importante de todas ellas la que corre a lo largo de la margen izquierda del arroyo de San Isidro, en la cual hay cumbres (como el Pico Toneo) con alturas de 2.000 metros. Después de la interrupción causada en dicha rama por el valle donde radican los pueblos de Lillo y Cofiñal, sobresale de nuevo con imponente relieve en la cuchilla caliza de Mampodre, cuya altura máxima es de 2.190 metros; continuando después, con la dirección dicha, por la prolongación SE. de la mencionada sierra y por la de igual roca, pero de menor elevación, que hay al SO. (separada de aquélla por los vallejos de Laio y Redipollos), hasta el S. de Riaño, formando la vertiente meridional del valle de Valdeburón. Cerca del último pueblo nombrado la corta la hoz por donde el Esla, cambiando de dirección, fluye hacia el S. Pasado este río se dirige la línea de relieve de que hablamos hacia la provincia de Palencia, en cuyo límite se alza Peña Lampa, al E. de la cual se abre el portillo que da paso a las aguas del río Carrión. En la margen izquierda de éste se inicia (con la peña de Velilla de Guardo) la Sierra del Brezo, orientada de Poniente a Levante, la cual se prolonga hasta Pico Almonga, al S. de Cervera de Pisuerga. La cumbre más alta de esta última sierra es Peña Redonda (2.000 m.), la cual se eleva próximamente en el centro de ella. La rama que, al entrar en la cordillera en la provincia de León, avanza al SE. por la margen derecha del arroyo de San Isidro, no ofrece más allá de los picos de Torres y Valverde cumbres dignas de mención, perdiendo, por último, toda importancia orográfica en términos de Maraña.

La línea de relieve descrita está integrada, desde el puerto de Sueve hasta Pico Almonga, casi exclusivamente por rocas paleozoicas, singularmente por calizas y cuarcitas. Su prolongación a través de los terrenos secundarios de Palencia y Burgos, formando la vertiente SO. de los ríos Pisuerga y Ebro, ofrece alturas (como el Cadáramo, Peña de Amaya,

etcétera) de relieve poco acentuado y ostentando ya formas semejantes a las de los páramos de la meseta, pero muy importantes para la orografía, por constituir su conjunto, a nuestro juicio, el extremo NO. del sistema ibérico, de cuya dirección participan y con el cual están directamente enlazadas, tanto por la morfología como por la tectónica; condiciones que no se hallan realizadas en la cordillera de rumbo SE., que se desprende del nudo de Peña Labra, la cual es considerada por muchos como el origen de dicho sistema, puesto que aquélla está separada, en el concepto orográfico, de los montes ibéricos por el valle tectónico del Pisuerga, continuación evidente del del Ebro, del que está separado por una divisoria de insignificante relieve. Las aguas del primero de estos ríos podrían ser conducidas al Ebro, por las inmediaciones de Quintanilla de las Torres, con sólo construir un dique de 20 metros de altura en la boca N. de la hoz de Mave, por la cual entra el Pisuerga, cruzando la sierra de caliza cretácea de que hablamos, en la meseta de Castilla.

La forma general de esta segunda cordillera difiere poco de la primera descrita. Tiene su punto culminante en Mampodre, pico situado al S. de la divisoria hidrográfica. Respecto a la posición relativa de ambas cadenas, es digna de ser notada la circunstancia de que las curvas descritas por ellas tienen sus arcos septentrionales divergentes, mientras que los meridionales convergen hacia el lugar donde hemos colocado el origen de la cordillera ibérica. El hecho señalado, que es general en toda la región que se estudia, es uno de los rasgos más característicos de la orografía cántabroasturica.

Al O. del segmento central de la cordillera a que acabamos de hacer referencia se extiende, como queda dicho, la cuenca carbonífera rica de Asturias, zona de relieve moderado donde dominan las rocas blandas y cuyos picos más altos se elevan poco por cima de los 1.000 metros. Dicha regiόn

está limitada a Poniente por el puerto de Aramo, muralla de caliza dinantiense, que es uno de los más importantes eslabones de otra cordillera de forma geométrica semejante a la de las ya descritas. Se orienta aquel macizo de NNO. a SSE., y su cima culminante es Gamonal, de 1.780 metros de altura. La sierra del Aramo se dobla bruscamente en su extremo N. (denominado Mostayal) hacia el NE., experimentando en este cambio de rumbo una breve interrupción, lo cual hace que el monte Sacro o peña de La Magdalena (1.054 metros), desciuelle aislado entre el Aramo y el río de La Foz, que corre por la honda quebrada que corta al E. la citada peña. Las ramas externas del Aramo describen, en cambio, curvas suaves y elegantes, sobre una de las cuales se encuentra, entre otras montañas, el pico de Ten, las sierras de Peñerudes y Argame, Pico Lanza, etc. A Levante del río antes nombrado, la prolongación de la cordillera da lugar a ásperas sierras calizas dominadas por las montañas del lado interno del arco, constituidas por rocas hulleras (puinga, arenisca y pizarra). El punto más elevado de estas últimas es Pico Losorio, de poco más de 1.000 metros de elevación. Persisten las expresadas condiciones de relieve y dirección hasta entrar la cadena en el valle del Nalón, donde la caliza se muestra por última vez en la pequeña sierra de la Paranza. La continuación de la línea de relieve de que hablamos a través de las formaciones mesozoicas de Asturias se caracteriza por cordales bajos y de formas suaves (orientados de SO. a NE.), los cuales pierden altura a medida que se aproximan a la cuenca cretácea de Oviedo, dentro de la cual la cordillera pierde todo el valor orográfico, pero teniendo particular interés tectónico, como se pondrá de manifiesto en el siguiente capítulo. Al S. del Aramo desciella, como macizo más importante de la cadena, Brañavalera, el cual se enlaza con los cordales de formas suaves de la margen izquierda del río de

Pajares. Pasado el puerto de este nombre, el eje de la cordillera recupera, en su cruce con el Bernesga, cerca de Villamánin, relieve y aspereza, formando entre este último pueblo y Boñar, una sierra caliza continua y elevada, cortada por las hoces de Vegacervera y Nocedo, que dan paso, respectivamente, a los ríos Torio y Curueño. Al SE. de Boñar, reaparece la morfología propia del hullero inferior y medio, destacándose después de este tramo Peña Corada (1.950 metros), formada por caliza carbonífera. Esta última cúspide puede ser considerada como el extremo meridional de la cordillera. Al Este del Puerto de Pajares, y dentro del arco que forman los cordales que hemos considerado como el eje de la línea de relieve a que nos referimos, se encuentran Compañones y Braña Caballo, cuyas alturas son 2.000 y 2.150 metros respectivamente, siendo el último cerro mencionado (situado algunos kilómetros al S. de la divisoria de aguas) el punto culminante de la cordillera descrita.

La más occidental de las cordilleras del carbonífero del Noroeste de España, es aquella cuya parte central está formada por la Sobia y el macizo de Agüeria. La primera de dichas montañas está dispuesta paralelamente al Aramo, pero sus peñas más elevadas (de alturas próximas a 1.600 metros) quedan siempre dominadas por las cumbres de esta última sierra. Se prolonga al N. por Peña Padiella, de la cual está separada por la hoz por donde el río de Teverga, formando en Entrago un codo muy pronunciado, corre al NE. para confluir en Caranga con el de Quirós. En el extremo N. de Peña Padiella se inicia el cambio de dirección de la cordillera, orientándose las sierras de Tameza, La Lloral y los cordales situados entre esta y el Nalón claramente al NE., siendo éste también el rumbo de los estratos que cruzan entre Trubia y Grado el expresado río. Pasado éste continúa la cordillera, con reducida importancia orográfica, por la margen izquierda del Nora, siendo la Sie-

rra de Naranco (636 metros), situada al N. de Oviedo, uno de sus principales segmentos. Consideramos también, por razones geológicas que serán expuestas más tarde, a Peña Careses (que se alza entre las formaciones mesozoicas de Asturias) como parte de la cadena de que hablamos, la cual, por fin, se dirige hacia el mar Cantábrico, siempre con rumbo NE., por el Pico Fario (733 metros), cordal de Peón, La Cobertoria y Vista Alegre, esta última loma ya próxima al puerto de Tazones. La Peña de la Sobia está limitada al S. por la collada de Garrefe, paso que comunica el valle de Teverga con el de Quirós, empezando después, en Peña Parada, los puertos de Agüeria, alta y fragosa serranía que ofrece mucha mayor complicación morfológica que las montañas antes nombradas. Su cumbre culminante es Peña Obiña (2.450 metros), situada en la divisoria hidrográfica, al E. del Puerto de Ventana, el cual se halla entre dicha peña y el Pico Ferreirúa. Este último forma parte de la sierra devoniana que corre por el O. del valle de Teverga, paralelamente a la que ahora se describe. Próximas a Peña Obiña, y dominadas por ella, descuellan varias cumbres, tanto al N. como al S., mereciendo entre ellas ser citadas, por exceder todas la cota de 2.000 metros, Cigalia, Tarinento y Requejo. La línea de relieve entra después en la provincia de León con dirección SE., dando lugar a la sierra que, con elevación gradualmente decreciente, sigue por la margen izquierda del río Luna hasta confundirse con la llanura castellana. Esta sierra está cortada en Pola de Gordón por el angosto valle del Bernesga, en cuya margen derecha se halla el Altico, de 1.700 metros de elevación, y en la izquierda, el Pico de San Mateo, de 1.600 metros. Al SE. de esta última cúspide la faja caliza que forma la sierra se divide en varios bancos, que dan lugar a cuchillas de poca elevación, las cuales terminan al O. de la estación de Matallana.

Reseña breve de la orografía del terreno carbonífero,

y puestos de relieve los rasgos morfológicos y las direcciones más características de ella, vamos a referirnos ahora, también de un modo sucinto, a las montañas formadas por rocas más antiguas, las cuales ocupan la mayor parte de la mitad occidental de las provincias de Oviedo y León. Veremos que en las formaciones devoniana, siluriana y cambriana la forma de las cordilleras y su agrupación obedece a leyes análogas a las ya conocidas.

Entre el hullero de Teverga y el valle del Pigueña se encuentra el cordal de la Mesa, cuyo extremo meridional es el Pico Ferreirúa, del cual ya se ha hecho mención. La dirección del expresado cordal (formado por rocas devonianas) es la NO. SE., y se articula por el N. y por el S. con un conjunto de sierras más bajas que se agrupan formando una curva semejante a la trazada por las cordilleras del carbonífero, aunque algo más abierta que ésta. En la margen izquierda del mismo río descuelga otra gran cordillera de igual forma (en cuyas cumbres asoma, sobre todo, la cuarcita siluriana), la cual puede ser seguida en dirección N. hasta el cabo de Peñas. El cordal de la Serrantina, la sierra de la Cabra y Peña Manteca son los eslabones más importantes de esta cadena, cuyos picos más altos son Cuetos Albos (1.900 m.) y Peña Rubia (1.950 m.), próximos, respectivamente, a los puertos de Somiedo y la Serrantina.

Podrían mencionarse, dentro de los terrenos devoniano, siluriano y cambriano de Asturias, otras varias líneas de relieve sensiblemente concéntricas con las citadas; pero sólo describiríamos con algún detalle, como ejemplo de ellas y por ofrecer una particularidad digna de ser registrada, una de las más occidentales. Coincide en gran parte de su longitud con una faja de cuarcita encajada entre pizarras cambrianas, la cual ya es visible en la costa al O. de Luarca, teniendo allí la dirección NE. y originando el pequeño cordal de Rañadoiro.

En la sierra próxima de Buseco cambia de dirección, orientándose próximamente de N. a S., rumbo que conserva en las sierras de la Llorosa, Valledor y Valveler. Describe después un arco, en cuyo centro se halla el Puerto de Valdebueyes, que la arrumba al ESE., con cuya dirección continúa por las sierras de Valdebueyes, Rañadoiro y Degaña, siendo las últimas cumbres de ella dentro de Asturias el Picón y Pico Prieto (de alturas algo inferiores a 2.000 m.), separados por la collada del Navariego, entrando después, con la expresada dirección, en la provincia limítrofe. Los estratos de cuarcita corren, al N. del puerto de Valdebueyes, al hilo de las respectivas sierras, pero en el tramo comprendido entre dicho paso y la divisoria de León, la dirección de los bancos forma un ángulo agudo con la de las montañas. Esta circunstancia notable, ya señalada por Schulz, se aprecia con claridad desde las cumbres de las montañas de la margen derecha del Ibias, por asomar entre Pico Prieto y el Picón una faja de caliza menievense, fácil de observar por hallarse entre rocas oscuras, la cual, lejos de correr a lo largo de la sierra de Degaña, corta a ésta y al río antes nombrado aguas arriba de Cerredo, pasando después a las montañas de la otra orilla, a las que también corta oblicuamente. Las sierras de la margen izquierda del alto Ibias son paralelas a las de la margen derecha, pareciendo haber sido desgajadas de la cordillera principal en el susodicho puerto de Valdebueyes. Poseen cumbres de elevación aproximada a las de Picón y Pico Prieto (Bismor, La Furraquina, La Regaliza, etc.), y se prolongan con notable relieve por la provincia de León, formando la vertiente meridional del valle de la Ceana. A pocos kilómetros de la collada de Cerredo las corta el angosto valle del Sil, para continuar con dirección SE., ya ajustadas al rumbo de los estratos, hasta la sierra de Gistredo, donde se halla la cúspide más alta de toda la línea de relieve, Cotoute, con 2.117 metros.

En la comarca del Bierzo la orografía se complica extraordinariamente. Las cordilleras procedentes del O. de Asturias no pierden poco a poco su relieve hasta desaparecer en los límites de la meseta (como se ha visto que ocurre con las ramas del macizo cantabro-astúrico situadas al E.), sino que, en la comarca dicha, se cruzan con otras montañas que proceden del N. de Portugal, al modo que el arco *armoricano* se encuentra con el arco *variscico* en la meseta central francesa. Hallándose el Bierzo fuera de la región que nos hemos propuesto estudiar, nos limitamos a consignar este hecho interesantísimo.

Hernández Sampelayo (8) divide el suelo de Galicia en dos zonas: la oriental, formada por rocas paleozoicas, y la occidental, constituida por terrenos agnóstico-graníticos. Refiriéndose a la primera dice que el motivo principal de ella «son las sierras y ríos orientados de N. a S. en la mitad septentrional, así como en los montes que forman frontera entre ambas zonas». Como la dirección NE. es la que indudablemente tienen algunas montañas de la costa, como los montes de Mondoñedo y la Sierra de Gistral, creemos que las cordilleras de Galicia son paralelas a las próximas de Asturias, aunque conservando las montañas de aquella provincia la tendencia a formar arcos tanto más abiertos cuanto más occidentales son.

Consideremos ahora, para terminar esta breve descripción, las montañas constituidas por rocas secundarias. Estos materiales se encuentran principalmente al E. del terreno carbonífero, porque las fajas y manchas irregulares de cretáceo, liásico y triásico de Asturias, tanto por su reducida extensión como por formar sólo lomas y cordales de escasa elevación, a algunos de los cuales ya nos hemos referido, distan mucho de poseer la importancia orográfica de las sierras de igual terreno de las provincias de Palencia, Santander y Burgos. En el límite

de las dos primeras predomina el trías, formado por margas, areniscas y conglomerados siliceos, rocas que constituyen las crestas más altas de las sierras del país. Hacia el centro de éstas se halla Peña Labra (2.002 m.), considerada generalmente como el nudo de enlace de los sistemas cantábrico e ibérico. Ya se ha expresado cuál es, a nuestro juicio, el punto donde se establece la conexión de los dos grupos orográficos nombrados. La mencionada peña es el origen de una imponente línea de relieve que se dirige al SO., en cuyo primer tramo (nombrado Sierra de Redondo) descuellan como cimas principales el Pico Tres Aguas (2.135 m.) y Valdecebollas (2.140 m.). El nombre de la primera de estas cumbres se deriva de hallarse en sus laderas las fuentes más altas de los ríos Ebro, Pisuerga y Nansa, los cuales vierten sus aguas, respectivamente, en los mares Mediterráneo, Atlántico y Cantábrico. Dicha denominación es la asignada al pico por los naturales de la Pernia desde tiempo inmemorial, aunque el Conde de Saint-Saud (9) pretende haber sido el primero que dió a conocer al mundo científico el referido hecho geográfico el año 1913. El segundo tramo de la línea de relieve de que se habla es la Sierra de Brañosera, con alturas todavía muy importantes, aunque inferiores a las citadas. Después de esta sierra el relieve se atenúa gradualmente, hasta anularse en el valle del Pisuerga, el cual separa las montañas cantábricas de los páramos y peñas de la margen derecha de este río, que forman parte, como queda dicho, del sistema ibérico. No existe, por tanto, conexión orográfica entre este último y las ramas que se desprenden de Peña Labra, la más importante de las cuales, y la que más avanza al S., es aquella de que se acaba de hablar. Al N. de Peña Labra, la gran sierra descrita tiene un ancho portillo que comunica por sus cabeceras los valles de Liébana y Poblaciones, después del cual sobresale, con relieve del mismo orden que el de aquella cumbre, el macizo de Peña

Sagra (2.016 m.), formado por los mismos estratos que la Sierra de Redondo. Ésta, al encorvarse en Peña Labra, sufre una rotura, que hace que Peña Sagra y las montañas más orientales formadas por rocas triásicas queden como soldadas y en la prolongación del macizo de los Picos de Europa. La más importante de aquéllas (fuera de la mencionada peña) es el Escudo de Cabuérniga, que consideramos como uno de los eslabones extremos de la cordillera de que hablamos. Esta línea de relieve traza, según lo dicho, una curva análoga a la de las ramas orográficas de los terrenos más antiguos, aunque se muestra muy deformada en su parte N. a consecuencia de la rotura de que se ha hecho mención.

Al E. de la cordillera descrita aumenta la complicación orográfica, pero se encuentran siempre, como direcciones dominantes, las SE. y NE., como se observa en las montañas que rodean al valle de Campoó (sierras de Hijar e Isar), las cuales describen una semielipse que está en contacto por su vértice con la Sierra de Redondo.

La ley a que está sujeta la morfología de la parte oriental de la región que se estudia es, por tanto, la misma que la que rige en el centro y O. de la misma.

Las alturas de las montañas situadas al E. de las hasta ahora descritas (constituidas, sobre todo, por rocas jurásicas y cretácneas), decrecen gradualmente a medida que aquéllas se aproximan a la llamada depresión vasca. Descuella, entre todas ellas, el Castro de Valnera, de 1.700 metros de elevación. No entraremos en su descripción por salirse del cuadro que circunscribe la región que nos hemos propuesto estudiar.

De todo lo dicho se concluye que *las montañas cántabro-astúricas no constituyen una línea de relieve paralela al mar cuyo eje coincide con la divisoria hidrográfica de Castilla y las provincias del litoral, sino que está formada por un haz o gavilla de cordilleras curvas que tienen su comienzo en la ori-*

lla N. de la meseta ibérica con dirección NO.; se arrumban después al N., y terminan, por fin, en la costa cantábrica con dirección NE. o ENE. Las ramas septentrionales de dichas cordilleras divergen al acercarse al mar, mientras que los tramos meridionales convergen hacia el punto donde hemos colocado el extremo NO. del sistema ibérico.

ESTRUCTURA GEOLÓGICA DEL MACIZO CÁNTABRO-ASTÚRICO

El terreno hullero productivo del N. de España se encuentra cortado (como puede verse en el mapa geológico que acompaña a este trabajo) en varios retazos por las fajas de caliza carbonífera que, describiendo arcos sensiblemente concéntricos, le recorren con algunas interrupciones de N. a S. Se aprecia asimismo en el expresado mapa que las principales hiladas de aquella roca se superponen en toda su longitud a las cordilleras que fueron descritas en el anterior capítulo. Este hecho demuestra que las líneas de relieve del país cántabro-astúrico no son el producto de la agrupación fortuita de peñas, serranías y cordales, sino que, entre los segmentos de cada una de ellas, existe una estrecha conexión geológica. Conclúyese de esto que en la región que se estudia, como en otras zonas plegadas de la corteza terrestre, las unidades morfológicas mejor definidas coinciden con los más importantes elementos tectónicos.

Lo que se ha dicho de la caliza carbonífera es aplicable también, en mayor o menor grado, a la cuarcita siluriana y la pudinga triásica, las cuales también asoman, como aquella roca, en forma de angostas fajas, que constituyen la cumbre de elevadas cordilleras.

El objeto del presente capítulo es hacer un rápido estudio de la estructura de las principales cadenas que componen el macizo cántabro-astúrico, base indispensable para llegar al conocimiento del sentido e intensidad de las fuerzas orogénicas que colocaron a los estratos en la posición en que hoy se hallan. Se empezará el examen por el carbonífero, que es el terreno donde la referida coincidencia de los elementos orográficos y tectónicos se observa con mayor claridad, aunque se procederá en orden inverso al seguido en el anterior capítulo, esto es, de Poniente a Levante, por ofrecer las montañas del Occidente de dicha formación una estructura más sencilla que las de su tercio oriental.

Ya se ha dicho que la cordillera más occidental del carbonífero es aquella cuyos eslabones más importantes, dentro de Asturias, son Peña Padiella, La Sobia y el encumbrado macizo de Agüeria, entrando después en Castilla con dirección Este-sureste y terminando cerca de Matallana (provincia de León). La hilada caliza correspondiente a ella forma un arco casi continuo desde la orilla N. de la meseta ibérica hasta el extremo boreal de Peña Padiella; pero, a partir de este punto, presenta largas interrupciones, las cuales determinan la falta de continuidad geográfica de la cordillera. Reaparece, no obstante, la caliza de montaña en lugares suficientes para poder fijar de una manera indubitable la prolongación tectónica de la cadena. Al N. del valle cretáceo del centro de Asturias, y rodeados de sedimentos secundarios, existen tres asomos de la referida roca (uno en la pequeña mancha carbonífera del valle inferior del Nora; otra en la ladera N. de la Sierra de Naranco, próxima a Oviedo, y la tercera, que es la más oriental, en Peña Careses), las cuales se hallan sobre la prolongación del arco descrito por la cordillera. Esta posición geométrica, sumada a su carácter petrográfico, demuestra que los expresados asomos son los últimos trozos, constituidos por rocas

paleozóicas, del pliegue más occidental del carbonífero de Asturias, el cual se prolonga después, con dirección NE., por bajo del lías del cordal de Peón y La Cobertoria, hasta terminar en el mar.

Las peñas de Sobia y Padiella constituyen una sierra cortada en dos macizos por la hoz por donde corre el río Teverga, donde es visible su composición estratigráfica. Esta se halla representada en el corte de la figura 1.^a La arenisca del devónico superior, con echado rápido al Este, se apoya sobre la caliza carbonífera de la Sobia (la cual empieza con un lecho de mármol rojo amigdalino), descansando a su vez la caliza sobre el hullero inferior de Teverga, constituido por pizarras, areniscas, bancos de caliza y capas de carbón de gas. En el contacto de la caliza y el hullero hay una zona milonítica, bien desarrollada cerca del pueblo de Sobrevilla, cuya significación geológica será examinada en posterior capítulo. Esta estructura puede ser explicada por un esfuerzo orogénico, cuya componente horizontal, cualesquiera que sean su origen y naturaleza, obró de E. a O., determinando un pliegue que, a consecuencia de la persistencia del esfuerzo, o por su repetición en diversas épocas geológicas, se trocó en fractura, siendo, por fin, el ala occidental replegado sobre el actual valle de Teverga.

La figura 2.^a representa un corte estratigráfico por Peña Careses, en el que se observa a la caliza carbonífera, con inclinación fuerte al S., apoyada sobre una cuarcita de edad devoniana o siluriana, y al NE., los estratos secundarios que forman la ladera del Pico Fario, hallándose en la base el trías y descansando sobre él el jurásico, constituido principalmente por calizas y conglomerados. Todos los estratos mesozoicos tienen echado suave al NO. En este corte se hallan registradas dos pulsaciones orogénicas: una de ellas, la más antigua (probablemente hercíniana), formó un pliegue que vero-



símilmente no llegó a constituir una cordillera elevada; la segunda, que debe ser incluida en el grupo de movimientos alpinos, acentuó el pliegue antiguo y levantó al mismo tiempo los sedimentos mesozoicos. La dislocación representada en el corte ha podido ser producida por un esfuerzo orogénico cuya componente horizontal actuó de SE. a NO., aunque esta dirección no se halla tan de manifiesto como en la sección de Peña Sobia, donde los terrenos han sido colocados en posición inversa, esto es, los más antiguos sobre los más modernos.

En la rama leonesa de la cordillera que se examina, a juzgar por los cortes geológicos de J. Revilla (10), sobre todo los de los ríos Luna, Bernesga, Torio y Curueño, los estratos ocupan posiciones muy próximas a la vertical, aunque con echado apreciable al NE., es decir, que las rocas paleozoicas también aquí ocupan una posición tectónica superior a la de los sedimentos cretáceos que asoman en la orilla de la meseta ibérica. La presión tangencial, por tanto, actuó en la vertiente meridional de esta parte de las montañas cántabro-astúricas de NNE. a SSO.

A pocos kilómetros al Oriente de la cordillera a que acaba de hacerse referencia, se levanta otra de igual forma geométrica y cuyos principales segmentos están también constituidos por caliza carbonífera. Su macizo más importante, por su longitud y elevación, es, como ya se ha dicho, el Aramo, montaña de diez kilómetros de longitud, orientada paralelamente a la Sobia. Su composición estratigráfica se halla de manifiesto en el corte representado por la figura 3.^a, el cual demuestra que la caliza del Aramo descansa en la vertiente de Quirós sobre el hullero inferior y sirve de yacente a este mismo terreno en el valle de Riosa: forma, por tanto, la expresada caliza un pliegue anticlinal cuyas dos ramas buzan en el mismo sentido.

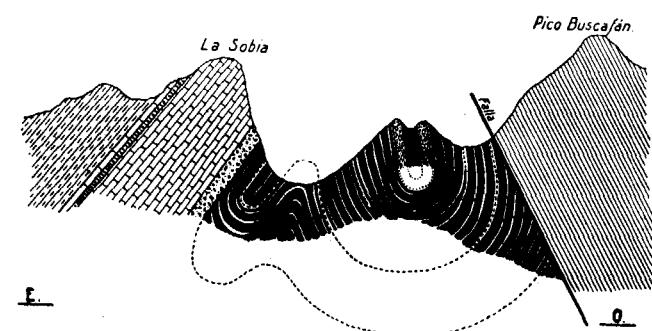


Fig. 1.^a Corte por el carbonífero de Teverga.

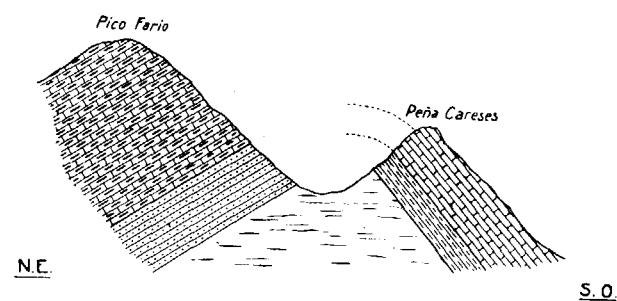


Figura 2.^a — Corte por «Peña Careses».



La prolongación meridional, tectónica y orográfica del Aramo, es Brañavalera, montaña cuya caliza buza también al Este, cobijando el carbonífero de Quirós y sirviendo de base al hullero inferior de Pola de Lena.

Al SE. de Brañavalera, la faja de caliza se angosta notablemente, y tal vez, como ocurre con frecuencia en la región, se interrumpe en un gran trecho, siendo sustituida al Oeste del Puerto de Pajares por los estratos del hullero inferior. Reaparecen las calizas, con el rumbo SE., en Villamanín (provincia de León), donde forman de nuevo fragosas montañas, en las que los estratos, como ya se ha dicho, asoman con echado rápido al NNE.

La cumbre del Aramo, denominada Mostayal, señala el límite N. de esta elevada serranía, pero no el extremo de la hilada de caliza carbonífera, la cual, en la cima mencionada, se dobla bruscamente hacia el E., cortándose como consecuencia de este pliegue la caliza, lo que hace que el ingente risco nombrado Monte Sacro o Peña de La Magdalena, se desplace aislado entre el Aramo y el valle de la Foz. A partir del río de este nombre, la faja de caliza se dirige hacia el Nordeste, describiendo una de sus ramas, al N. del coto minero de Riosa, una amplia y elegante curva, e integrando después el cerro de Valmuria y otras montañas poco elevadas del término de Olloniego, en las cuales los estratos se hallan en posición vertical, o con echado rápido al N. Las escamas de caliza del Poniente del Aramo forman un arco análogo al descrito, aunque mucho más abierto y regular, teniendo ya en la Sierra de Peñerudes la dirección NE.

El extremo visible de esta banda caliza es la Sierra de Paranza, al NO. de la cuenca carbonífera de Langreo, en la cual los estratos hulleros descansan sobre los de caliza, como en el Aramo y Brañavalera.

Al NE. de la sierra últimamente nombrada, no se obser-



van nuevos asomos de caliza carbonífera, pero en la prolongación de aquélla se hallan montañas cuyo relieve y dirección inducen a creerlas la continuación del arco orográfico de que se viene hablando. Hay, además, dentro de los terrenos secundarios del centro de Asturias, algunas manchas de terreno carbonífero que, por su situación y la dirección de sus estratos (coincidentes, en cuanto al rumbo, con los bancos calizos de la Paranza), señalan, a nuestro juicio, la prolongación del accidente tectónico que se describe. Aquellas manchas son las de Pola de Siero y Lieres, rodeadas por el terreno cretáceo, y la más extensa de Torazo y Viñón, que se halla dentro del keuper. Los estratos de todos estos asomos hulleros se arrumban al Noreste y presentan notable discordancia angular con los sedimentos mesozoicos que les sirven de caja: hecho demostrativo, como ya se ha hecho notar refiriéndose a otro caso análogo, de que los primeros fueron plegados, siempre en el mismo sentido, en dos o más fases orogénicas.

Todas las particularidades registradas nos parecen, como en la cordillera antes examinada, ser el resultado de un esfuerzo tectónico cuya componente horizontal actuó del lado interno hacia el externo de la curva descrita por las calizas, quedando las rocas en ciertos segmentos en su posición geológica normal y siendo en otros invertidas por razón de la mayor intensidad de la fuerza plegante.

En la porción E. de la región carbonífera, el horizonte de la caliza dinantiense se repite con mayor frecuencia, hasta el punto de ser aquella roca el sedimento dominante, y presentando sus hiladas mayor continuidad y extensión, puesto que llegan casi todas, por su rama N., a penetrar en el mar Cantábrico. Estos últimos caracteres se hallan claramente impresos en la faja que, acompañada por el lado interno del arco de un grueso banco de cuarcita, comienza en el puerto de Sueve, la cual, después de la interrupción que sufre en el valle

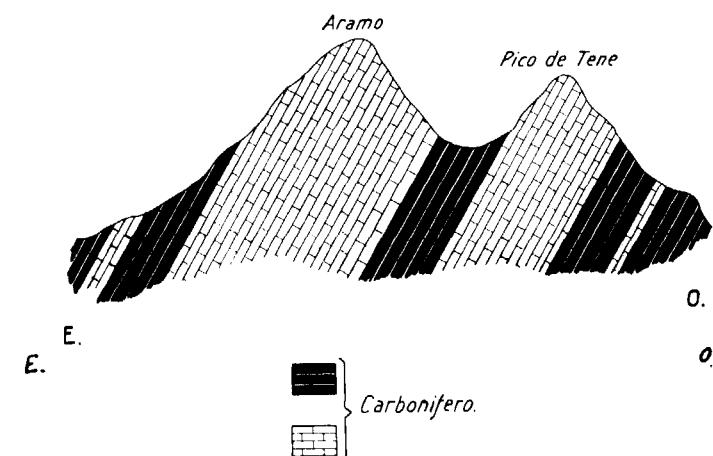


Fig. 3.^a — Corte por el «Aramo».

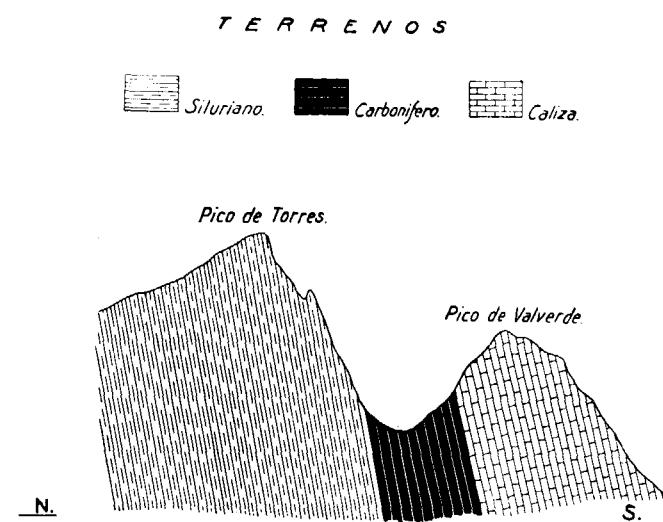


Fig. 4.^a — Corte por los picos de Valverde y Torres.

cretáceo de Infiesto (de algunos kilómetros la de la caliza, pero muy pequeña la que experimenta la cuarcita), continúa, ya orientada al S., por la Sierra de Peñamayor. Dicha faja corta al río Nalón al E. de Pola de Laviana, y se divide después en varias ramas que tienen, entre dicho río y la divisoria de León y Asturias, una marcha más complicada. La más gruesa de todas ellas se arrumba al SO., pasado el Nalón, y forma, entre este río y el de Aller, la cumbre denominada Peña Mea. Después de pasar el último río en Entrepeñas, desaparece en grandes trayectos. Otra rama más externa y de igual dirección da lugar a la Sierra de Pelúgano, y se interrumpe también, como la primera citada, después de pasado el río Aller. La rama de mayor recorrido es aquella que, desviándose de las anteriores, corta al río de San Isidro aguas arriba de Felechosa, e inflexionándose después bruscamente, se dirige al SO. por Peña Melera, la hoz de La Cabritería (que da paso al arroyo de Pino) y Peña Redonda. Aquí se dobla al SE., dirección con la cual entra en la provincia de León, no sin experimentar entre la última cumbre y la divisoria de provincias numerosas interrupciones. Al O. de ella reaparece con la misma dirección una de las ramas calizas más externas del paquete. La hoz de Paraya, calificada de sorprendente por Schulz (11), se encuentra al O. de Peña Redonda, en el punto donde una faja distinta de las enumeradas, y más angosta que ellas, cruza el río Aller; debiéndose su longitud, que el citado Geólogo estima en medio kilómetro, a que el río corta dos veces la caliza a consecuencia de estar ésta violentamente plegada en aquel punto. La más interna de todas las fajas calizas de esta región es la que, después de una larga desaparición, origina, cerca del puerto de San Isidro, los picos de Ríoseco y Valverde.

En toda esta parte de la cordillera domina la cuarcita sobre la caliza, formando, además, la primera de dichas rocas, las



cimas más elevadas (Retriñón, Torres, Jeje, etc.), y la segunda, las peñas más bajas antes mencionadas. La posición relativa de aquellas dos rocas es, en general, la normal, como indica la figura 4.^a, que representa un corte por los picos de Valverde y Torres.

La hilada caliza que con rumbo SE. entra en la provincia de León por el puerto de Vegarada, y es visible en la ladera Este de Pico Toneo, adquiere en Mampodre enorme espesor, el cual persiste en todo el tramo que se extiende entre dicho pico y el extremo oriental de la sierra del Brezo. La caliza de Mampodre tiene el mismo echado (fig. 5.^a) que la de Valverde, pero la cuarcita desaparece casi totalmente en Maraña y Riaño. Más al SE., ya en la provincia de Palencia, reaparece aquella roca al N. de Peña Lampa y la sierra del Brezo, pero ofreciendo en esta última la particularidad de estar apoyada sobre la caliza y ésta sobre el hullero y el cretáceo (figura 6.^a).

Respecto a la continuación de esta cadena a través de los terrenos secundarios de Palencia y Burgos, se ha hablado ya en el anterior capítulo. La cordillera Ibérica es para nosotros la consecuencia morfológica del desarrollo hacia el SE. del pliegue del que nos estamos ocupando, el cual en el Páramo de la Lora levantó ligeramente las calizas cretáceas, pero en los límites de Burgos y Logroño formó la elevada sierra de La Demandada e hizo asomar de nuevo las formaciones paleozoicas.

Toda esta zona caliza, considerada en conjunto, se muestra, como las antes estudiadas, cortada en varios trozos, de los cuales unos buzan hacia el lado externo de la curva y otros hacia el lado interno. Los tramos de terreno hullero inmediatos se inclinan de un modo general hacia el mismo lado que las calizas. Hay algunos macizos donde, a causa de particular dislocación, las calizas parecen hallarse divididas al hilo de la montaña en dos paquetes, uno de los cuales buza en un sentido

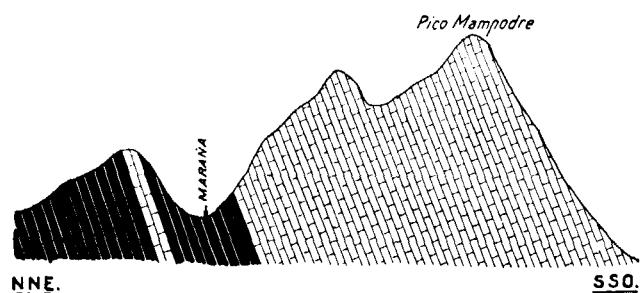


Fig. 5.^a — Corte por el pico «Mampodre».

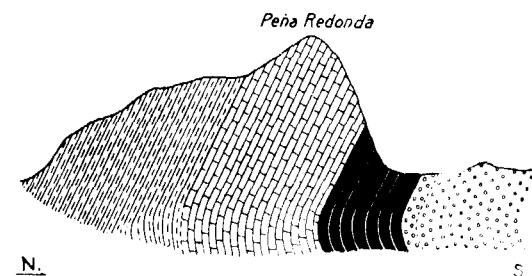


Fig. 6.^a — Corte por la Sierra del Brezo.



Fig. 7.^a — Corte por el puerto de Sueve (según Schulz).

y el otro en el opuesto. Esta aparente disposición sinclinal complica, a su vez, la estructura de los terrenos que se encuentran en contacto con la caliza. Un ejemplo de esto (acaso el más notable) es el puerto de Sueve, montaña que, por su posición aislada, su complicada tectónica y su proximidad al mar, llamó la atención desde antiguo a los Geólogos que estudiaron el suelo de Asturias. La figura 7.^a representa el corte de esta montaña tomado por Schulz (12). Este Geólogo admite la disposición sinclinal de las calizas, a las que cree sobreuestas al terreno carbonífero de Carrandi y Libardón. Mengaud (13) inserta una sección que, en lo relativo a la estructura, no difiere esencialmente de la de Schulz, pero considera al Sueve no como un macizo autóctono, sino como una masa geológica exótica, arrastrada al lugar en que hoy se halla por una fuerza que actuó de N. a S. Teniendo en su base la caliza del Sueve, en la ladera meridional, un banco de mármol amigdaloide, y apoyándose sobre una ancha zona de cuarcita, la existencia del supuesto pliegue sinclinal haría reaparecer en la vertiente de Colunga aquellos horizontes geológicos, hecho que no hemos podido comprobar en nuestras numerosas visitas al Sueve. La discordancia angular entre las rocas paleozoicas y mesozoicas de Colunga y el fuerte echado de las primeras, prueba que éstas fueron plegadas repetidas veces a través de los tiempos geológicos. Esto ha podido tener por resultado la disposición tectónica representada en la figura 8.^a, donde los estratos calizos convergen en profundidad, doblándose después al N. por debajo de las pizarras y areniscas hulleras. Sería una estructura análoga a la de los pliegues en abanico de los macizos cristalinos autóctonos de los Alpes (Mont Blanc, Aar, Gotardo), con la diferencia de que en el Sueve asoma sólo una de las ramas del anticlinal, por haber sido éste trocado en fractura poco después de iniciarse su formación. El corte de la figura 9.^o, tomado por nosotros más al E., representa



más claramente que los antes citados la constitución de la montaña, la cual es debida, a nuestro juicio, a tres pliegues anticlinales rotos por sus ejes después de iniciados, circunstancia que ha hecho que sólo sean visibles las ramas septentrionales de ellos. Esta es la causa de la repetición de la misma serie de rocas y de la estructura en escamas de la sierra del Fito y sus estribaciones meridionales las sierras de Calabrez y Bustarnál.

El estudio de la extensa cordillera que corre desde el puerto de Sueve hasta el Sur de Cervera de Pisuerga, conduce, según lo dicho, a la misma conclusión deducida del examen de las cadenas carboníferas más occidentales, porque tanto la estructura de los macizos donde los sedimentos se encuentran en superposición normal, como la Sierra del Fito, el Pico de Valverde y Mampodre, cuanto la de aquellos en que las rocas más antiguas se apoyan sobre las más modernas, como Peña Mayor (cuya caliza sirve de techo al carbonífero próximo de Bimenes y Laviana) y la sierra del Brezo, pueden ser explicadas por una fuerza orogénica cuya componente horizontal actuó hacia el lado externo del arco dibujado por la cordillera.

En el extremo oriental del carbonífero (singularmente en Asturias) es donde la caliza asoma mayor número de veces, destacándose en fajas que dan al país su pronunciado y áspero relieve. En el corte geológico de la costa de Nueva a Peña Santa (trazado por Schulz), son visibles cinco gruesos tramos de dicha roca, pero existen otros muchos que por su reducido espesor y pertenecer tal vez al hullero inferior, no han sido figurados. En toda esta comarca la dirección de los estratos se aproxima mucho a la E.-O. Las hiladas calizas próximas a la costa (donde forman, entre otras serranías, los Picos de Europa y la cordillera de Cuera), al acercarse al valle del Sella, tuercen primero al SO., después al S., y, por fin, al SE.; corriendo con esta última dirección por las cumbres de los cordales de Ponga y Arcenor, cruzando después la divi-

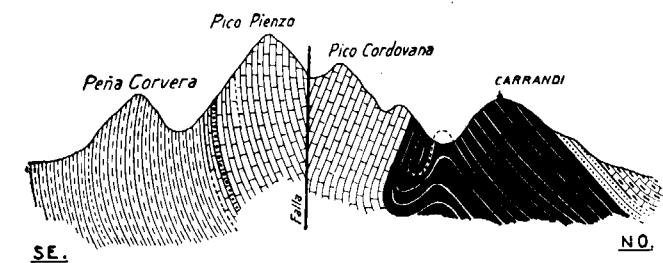


Fig. 8.^a — Corte por el puerto Sueve.

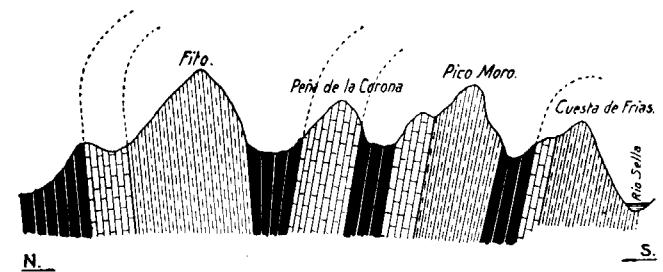


Fig. 9.^a — Corte por la Sierra del Fito.

soria hidrográfica y entrando, con aquel rumbo, en la provincia de León. A pesar de las repetidas interrupciones que presentan, se aprecia claramente en el mapa geológico inserto a este trabajo, que describen curvas de la misma forma que las seguidas por las zonas de igual roca más occidentales, aunque dichas curvas son tanto más cerradas cuanto más al Oriente se encuentran. La más interna de todas empieza en los Picos de Europa con rumbo ENE., pero al N. de Covadonga se dobla bruscamente al SE., tomando la dirección de los cordales antes nombrados. En este violento doblez, y acaso como consecuencia de él, se formó la hoz o cañón de Los Beyos. La caliza de esta faja, cuyo espesor en Asturias es de varios kilómetros, se angosta considerablemente al aproximarse al límite de aquella provincia, y desaparece en grandes trechos en la de León. Son visibles, sin embargo, suficientes asomos y aun largos tramos (como el que forma la Sierra de Riaño) para no poder dudar de su prolongación con el rumbo antes citado, fuera de que el gran banco de pudinga silicea, próximo y concéntrico a ella, ofrece mayor continuidad, y, en algunos puntos, también mayor relieve orográfico. Al entrar en la provincia de Palencia la caliza recobra su perdido espesor, sobresaliendo en el fragoso Pico Espigüete, cuya elevación, como ya se ha visto, es comparable a la de los Picos de Europa, prolongándose después por las peñas del Tejo y Santibáñez, y terminando al N. de Cervera de Pisuerga. La pudinga que acompaña a esta caliza por el lado cóncavo del arco origina, entre otras altas montañas, la Peña de Curavacas. La posición relativa de las dos rocas está representada en la figura 10.

Paralelas a las calizas del extremo oriental de Asturias corren varias bandas de terreno hullero (pobres, en general, de combustible), cuyo ancho pocas veces pasa de una decena de kilómetros. También son muy características de esta parte del carbonífero las zonas de cuarcita que acompañan con frecuen-



cia a las fajas calizas, intercalándose casi siempre entre unas y otras un delgado banco de mármol rojo, el cual forma, como es bien sabido, el nivel estratigráfico más bajo de la caliza de montaña, y, puede, por tanto, servir de criterio para determinar la posición tectónica de los tramos de que forma parte. En el corte de Liébana al mar, trazado por L. Adaro (fig. 11), hay figuradas cuatro fajas de caliza acompañadas del banco de mármol amigdalino y la cuarcita siluriana de que se ha hecho mención. También aparecen las tres rocas citadas en la Sierra de Escape (según el corte de Ribadesella a Arriondas, de C. Barrois), y en el puerto de Sueve. En todas estas montañas los varios niveles petrográficos se hallan en el orden de superposición normal, es, decir, los más modernos sobre los más antiguos. Por tanto, los tramos calizos de toda esta región oriental del carbonífero de Asturias fueron levantados por una fuerza que actuó de S. a N., o de SE. a NO., o sea del lado interno de los arcos.

Toda esta parte oriental de Asturias (y esta observación acaso pueda ser aplicada al conjunto de la región carbonífera) parece hallarse cortada por fallas paralelas en largos trozos o dovelas, las cuales, empujadas por la fuerza orogénica, fueron puestas después, adosadas unas a otras, en posiciones próximas a la vertical. Con arreglo a este modo de ver se ha modificado el corte de Schulz, a que antes nos hemos referido, en la forma representada en la figura 12. Refiriéndose a las dislocaciones del devoniano, expresa este último Geólogo ideas parecidas cuando escribe (14) «que lo han roto longitudinalmente en muchas tiras o fajas, algún tanto paralelas, replegándolas al mismo tiempo y poniéndolas de canto en contacto unas de otras». La prolongación hacia el E. de los elementos tectónicos del extremo oriental de Asturias fué estudiada con detalle por L. Mengaud (15), corroborando sus cortes geológicos, a nuestro juicio, lo que acaba de decirse. La figura 13 repro-

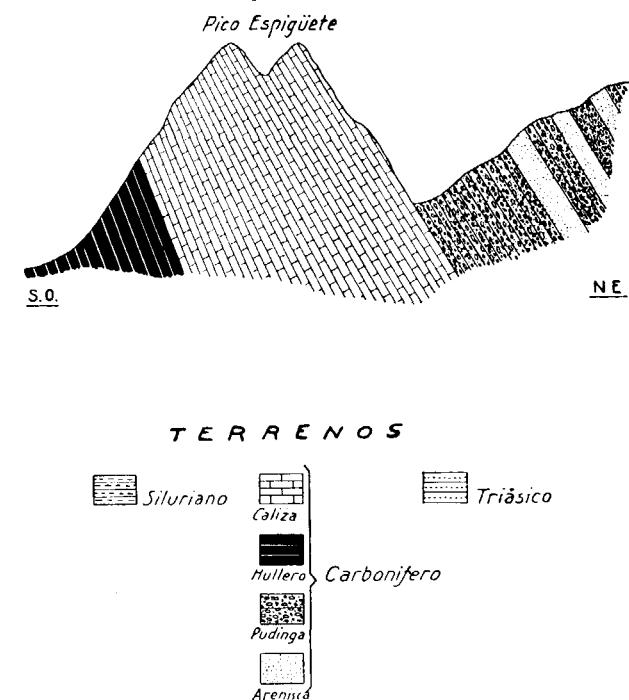


Fig. 10. — Corte por Pico Espigüete.

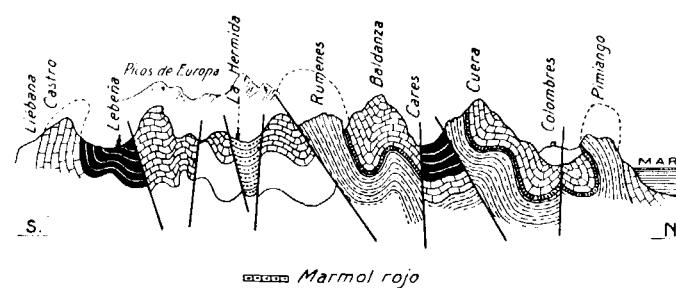


Fig. 11. — Corte desde Liébana al mar (según L. Adaro).

duce el corte de dicho autor a través del monte Dobra, donde una estructura análoga a la de las cordilleras de Asturias se halla explicada por una falla como las que hemos supuesto que segmentan el terreno carbonífero de aquella provincia.

La mayor parte de las fajas de caliza carbonífera de la región cántabro-astúrica están cortadas en ciertos lugares por las profundas abras conocidas con el nombre de hoces. Las más notables, por su longitud y la altura de sus paredes, son las de los cursos superiores de los ríos Sella, Cares y Deva, las cuales dividen en grupos o secciones al fragoso macizo de los Picos de Europa. Las hoces son, en general, perpendiculares a las hiladas de caliza, asomando en sus paredes, en posiciones muy inclinadas, los bancos de aquella roca. Difieren en esto de los cañones del Colorado, donde los sedimentos aparecen en situación muy próxima a la horizontal. No se aprecia en ellas movimiento horizontal relativo de los dos trozos en que dividen los tramos de caliza, sino que los bancos de una de las orillas son la prolongación exacta de los de la orilla opuesta. Parece, por tanto, como si el esfuerzo que dobló en arco los estratos hubiera determinado la fractura, por tracción, del terreno donde han sido labradas las hoces. La quebrada o desfiladero del Sella es una excepción a lo que antes se ha dicho respecto a la dirección, porque en aquélla los estratos son paralelos o cortan muy oblicuamente a la hoz; apareciendo la montaña dividida longitudinalmente en dos enormes paquetes de estratos, los cuales están colocados de canto uno al lado del otro. Tanto en este caso como cuando las hoces cortan normalmente a las fajas de caliza, están sus escarpadas paredes coronadas por riscos de perfiles muy variados, lo que da a estos elementos orográficos la fantástica morfología que tanto impresiona a quien los contempla. Atendido el pequeño caudal de los ríos, lo reducido de sus cuencas, lo húmedo del clima y la estructura geológica, no creemos que las hoces de



la región cántabroastúrica hayan podido ser labradas por las aguas, como los cañones de las mesetas áridas del O. de los Estados Unidos, donde concurren, según Pirson (16), circunstancias completamente diferentes.

Pasemos ahora a examinar la tectónica de los terrenos distintos del carbonífero que constituyen la región que se estudia. El Occidente de ella está formado, principalmente, por los terrenos devoniano, siluriano y cambriano, ocupando el primero de los nombrados la posición más oriental. Tanto el sistema devoniano como el cambriano se hallan recorridos, de Norte a Sur, por largas fajas de la roca llamada por C. Barrois «cuarcita de Cabo Busto», la cual constituye, a juicio de este Geólogo, el nivel estratigráfico más bajo del terreno siluriano del NO. de España. Dichas fajas empiezan en los cabos de la costa cantábrica con dirección SO., doblándose en el centro de la provincia al S., y tomando, por fin, al aproximarse al límite de León, el rumbo SE.; describen, por tanto, curvas concéntricas a las que forman las hiladas de caliza carbonífera antes consideradas. Coincidén, además, las fajas de cuarcita, lo mismo que las de caliza, con las líneas orográficas de más pronunciado relieve, cuyas crestas suelen estar formadas por aquella roca. Estos hechos demuestran (sin que sea necesario aducir otros en apoyo de este aserto) que la tectónica de los terrenos que ahora se examinan fué producida por presiones que actuaron en el mismo sentido que las que originaron los pliegues en arco de la región carbonífera.

He aquí algunos detalles de la estructura de las líneas de relieve cuyas cumbres están integradas por la cuarcita de Cabo Busto. Es bien sabido que, en muchos casos, es difícil distinguir las cuarcitas silurianas de las del devoniano, por presentar unas y otros caracteres petrográficos muy análogos; pero la continuidad apenas interrumpida de algunas de las zonas de cuarcita del Occidente de Asturias no permite dudar de que

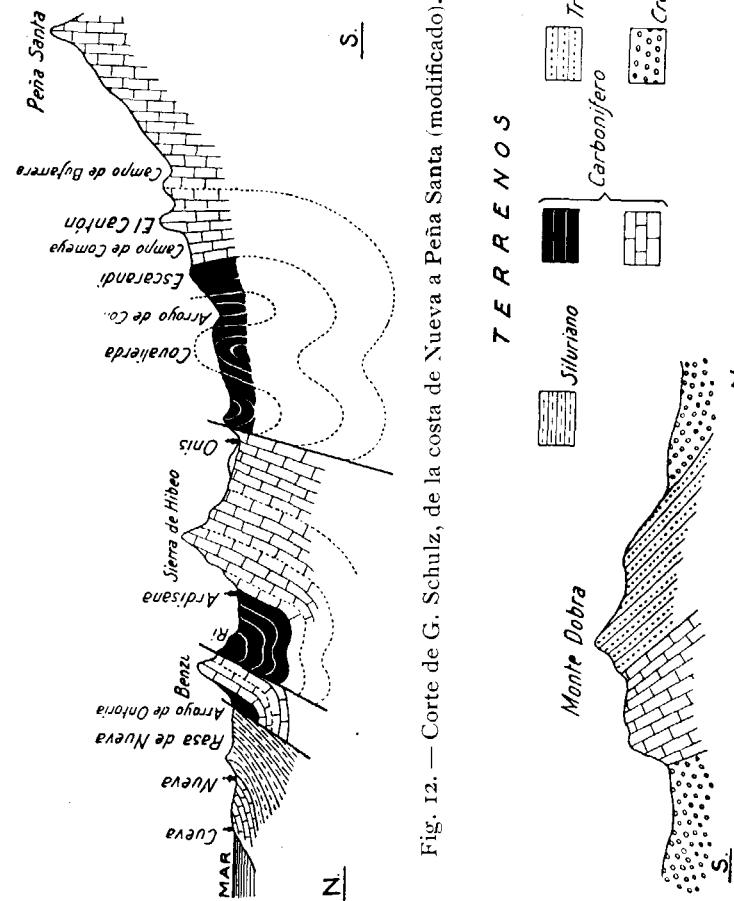


Fig. 12.—Corte de G. Schulz, de la costa de Nueva a Peña Santa (modificado).

Fig. 13.—Corte por Monte Dobra (según I. Mengaud).

estén formadas por rocas de la misma edad, ya sean estas silurianas o devonianas, circunstancia esta última que, por lo que respecta al punto que se examina, no tiene importancia especial. Una de las zonas cuarcíticas más orientales es la que, partiendo probablemente del cabo de Peñas, forma sucesivamente las sierras de Faidiello, Bufarán, Peña Manteca, Cabra y La Serrantina. El corte de la figura 14, debido a L. Mallada, demuestra que Peña Manteca, importante eslabón de la cordillera que forma dicha zona, es el producto de un pliegue anticlinal desgarrado, que hizo asomar, por debajo de las rocas devonianas, el siluriano y el cambriano. Esta disposición, y la forma de arco (con la convexidad hacia el O.) que tiene el eje del pliegue, sólo ha podido ser producida por una fuerza orogénica que actuó del lado interno hacia el extremo de la curva.

Dentro de la formación cambriana la zona de cuarcita mejor definida es la que empieza en Cabo Busto y recorre después en todo su ancho la parte occidental de Asturias, formando las cumbres de las sierras de Rañadoiro, Fonfaraón, Oruro, Valdebueyes, etc., la cual ha sido cuidadosamente descrita por Schulz. Barrois (17) es de opinión que las cuarcitas silurianas de la región de que se habla ocupan sinclinales cambrianos que tienen la forma de una V inclinada, con el vértice hacia el O., y así los representa en su corte de la costa occidental de Asturias. No puede negarse que en la época de su depósito las rocas silurianas ocuparon dicha situación; pero como las revoluciones tectónicas posteriores han producido, según todas las probabilidades, el efecto de acentuar los antiguos anticlinales y estrujar a las cuarcitas dentro de los sinclinales, para explicar la orografía actual habría que admitir denudaciones capaces no sólo de destruir los pliegues anticlinales, sino, además, labrar en los espacios ocupados por aquéllos los valles modernos, y hacer destacarse entre ellos y constituir cordille-

ras, a los sedimentos cuarcitos alojados antes en los sinclinales, es decir, que las montañas del Occidente de Asturias serían principalmente obra de la erosión, y no montañas plegadas. No creemos, sin embargo, que haya razones de ningún orden que hagan dudar del carácter tectónico del macizo cántabroastúrico, aunque el relieve de éste, desde la época de su formación, ha sido, sin duda alguna, profundamente modificado por las fuerzas exógenas. La función orográfica de las fajas de cuarcita sólo se comprende admitiendo que, por razón de movimientos orogénicos reiterados, concluyó aquella roca por ocupar posiciones topográficas elevadas análogas a las que hoy conserva, aunque acompañada de otras rocas que, por ser mucho más blandas, han desaparecido en gran parte, especialmente en las crestas de las sierras, que es donde los agentes erosivos actuaron con mayor energía.

En el corte de la ría de Pravia a la de Navia, tomado por Barrois y modificado con arreglo a nuestras ideas sobre la estructura de Asturias (fig. 15), se repite tres veces (a causa de fallas) la serie: calizas y pizarras del cambriano (*q*)—pizarras del mismo sistema (*p*)—cuarcitas de Cabo Busto (*o*); descansando sobre la zona más occidental de la última roca las pizarras silurianas de Luarca (*n*). La falla del arenal de Arniella no hizo asomar, como las otras, a las rocas cambrianas, sino la serie: cuarcita de Cabo Busto (*o*)—pizarras de Luarca (*n*), las cuales quedan limitadas al O. por otra falla. Los niveles estratigráficos de las diversas series se hallan, según esta interpretación, en la posición geológica normal (las modernas sobreuestas a las antiguas, y no a la inversa, como admite Barrois). Esta estructura ha podido ser producida por una presión que actuó del E. hacia el O.

La región de Asturias y Galicia próxima a la divisoria de ambas provincias, fué estudiada recientemente con detalle por P. Hernández Sampelayo. Según dicho Geólogo (18), las sie-

Fig. 16.—Corte por la Sierra de Redondo.

11-1

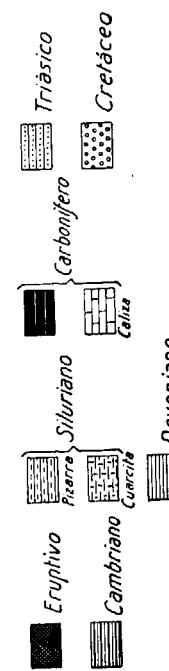


Fig. 17.—Corte por el «Caderamo».

11-1



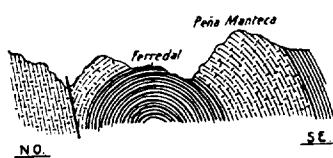


Fig. 14. — Corte por Peña Manteca (según Mallada y Buitrago).

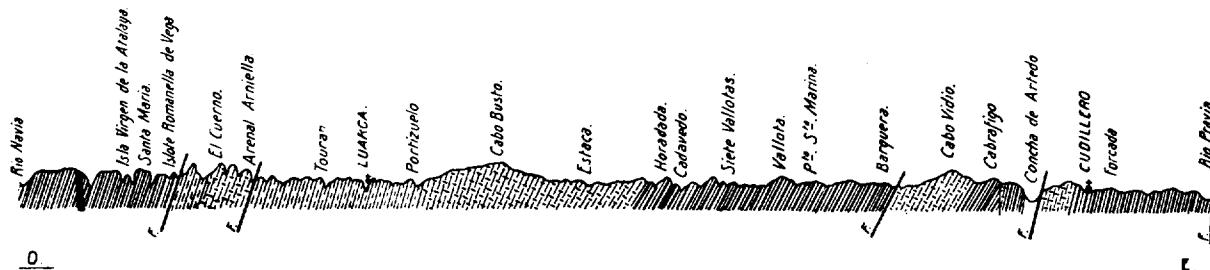


Fig. 15. — Corte de la ría de Navia a la de Pravia, según Barrois (modificado).

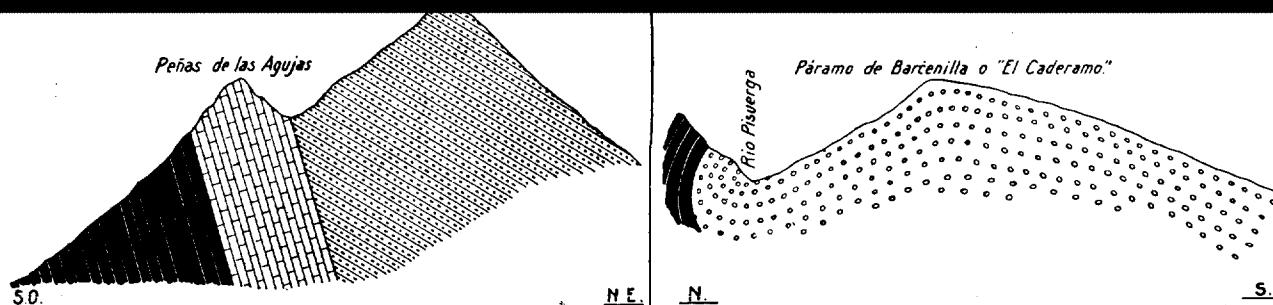


Fig. 16. — Corte por la Sierra de Redondo.

Fig. 17. — Corte por el «Caderamo».

TERRENOS



rras nombradas por él longitudinales, se orientan en conjunto de N. a S., pero ofreciendo una ligera convexidad hacia el O. «Observándolas con atención (añade), vemos que siguen las mismas direcciones de los estratos, lo que representa un íntimo enlace con los pliegues que éstos hayan sufrido y en cierto modo con su edad, puesto que las rocas son silurianas, y del final de este sistema los movimientos que plegaron los estratos.» Se reproducen, por tanto, aquí las condiciones observadas más al Oriente, debiendo necesariamente concluirse de todo lo hasta ahora dicho que las fuerzas que dieron su relieve a Asturias y a las porciones próximas de las provincias de León y Palencia, extendieron sus efectos hasta el extremo NO. de la Península.

Para terminar este rápido examen réstanos estudiar los accidentes tectónicos que afectan exclusiva o principalmente a las formaciones mesozoicas. Tomaremos como ejemplo de ellos, los pliegues que han sufrido los estratos triásicos de Palencia y Santander. Existen en la región cántabroastúrica varias manchas de trías, de las cuales la más extensa es la situada al E. del terreno carbonífero. La línea de contacto entre ambos sistemas tiene la forma de un arco (con la convexidad hacia el O.), cuyo extremo meridional se halla en Orbó y el septentrional cerca de Puente Nansa; pero la rama NE. del trías penetra profundamente en el cretáceo de la provincia de Santander y tiene su extremo en Entrambasaguas. Dicha faja arqueada se depositó en un amplio seno del mar triásico, mientras que la manga de igual terreno que penetra en los Picos de Europa y las manchas de contorno irregular distribuidas entre Avilés y Ribadesella se constituyeron en los valles y tierras bajas de las orillas del macizo paleozoico; partes que, o no fueron totalmente emergidas a consecuencia de los movimientos orogénicos antiguos, o posteriormente a su emersión fueron ocupadas de nuevo por el mar. Con el arco formado

por los sedimentos triásicos coincide la cordillera de igual forma constituida por las montañas de Brañosera, Sierra de Redondo, Peña Sagra y el Escudo de Cabuérniga, macizos integrados en su mayor parte por margas, areniscas y pudinga, cuyos estratos corren al hilo de dichas montañas. La Sierra de Redondo, orientada claramente de NO. a SE., está constituida en su base (como muestra la figura 16), por un tramo de pizarras y areniscas carboníferas que contienen algunas capas de hulla, sobre el cual descansa un grueso banco de caliza, que sobresale principalmente en la peña de las Agujas y otros riscos de la ladera SO. Estas rocas tienen rápido echado al NE. Sobre ellas se apoya, en estratificación manifiestamente discordante, el terreno triásico, formado, de abajo hacia arriba, por margas, areniscas y conglomerados. Este último sedimento constituye toda la cumbre de la sierra. Es dudoso que el banco de caliza que asoma hacia la mitad de la ladera pertenezca al tramo llamado dinantiense; pero al abundar la *stigmaria* (fósil característico de los muros geológicos) en el techo de las capas explotadas en Barruelo y Orbó, las cuales ocupan una posición tectónica análoga a la ocupada por los estratos representados en nuestro corte, prueba que el terreno de la Sierra de Redondo ha experimentado una inversión. El origen de la sierra y su estructura fueron debidos, por tanto, a dos presiones orogénicas que actuaron ambas de NE. a SO.: la primera colocó los estratos hulleros en posición próxima a la vertical; la segunda los replegó sobre sí mismos y dió a los sedimentos del triásico la inclinación que hoy poseen. Son hechos análogos a los que pone de relieve la estructura estratigráfica de los pliegues del paleozoico de Asturias, cuando se prolongan, y son visibles, a través de las formaciones mesozoicas de aquella provincia.

La tectónica del Escudo de Cabuérniga fué estudiada recientemente por L. Mengaud. En el corte de dicho Geólogo a

través del Pico Dobra (ya citado), aparece la caliza dinantiense con inclinación fuerte al N., y, sobreuesta a ella (sin discordancia apreciable), la arenisca y pudinga del triás. Apoyado sobre esta última roca, y ligeramente plegado, se encuentra el wealdiense. La caliza carbonífera está bruscamente limitada al S. por una falla, al otro lado de la cual se repite el wealdiense en las condiciones ya dichas. Este accidente tectónico parece ser el resultado de una sola presión orogénica, la que ha tenido necesariamente que producirse durante el plegamiento alpino. El sentido en que actuó la presión fué, para nosotros, de S. a N., determinando una ondulación que, a la manera de otras ya mencionadas, poco después de iniciada se trocó en fractura.

Encontramos en el triás, según lo dicho, pliegues de direcciones curvilíneas concéntricas con las de los pliegues de los terrenos paleozoicos, y producidos también por fuerzas del mismo sentido que las que determinaron a éstos.

RESUMEN. — Los terrenos paleozoicos del NO. de España aparecen representados en los mapas geológicos por anchas bandas dobladas en forma de arcos de elipse, los cuales se agrupan de suerte que cada terreno ocupa una posición tanto más occidental cuanto más antigua es la época en que se depositó. Esta singular disposición, ya observada por los primeros Geólogos que estudiaron aquella parte de la Península Ibérica, es la adoptada también, aunque en grado menos sensible, por las formaciones secundarias de Palencia, Burgos y Santander, en cuyas provincias el triás y la creta, escalonados en el orden dicho, se hallan rodeados (prescindiendo de la manga que se extiende hacia el O.) por el borde cóncavo del sistema carbonífero. La expresada agrupación demuestra que ya en épocas geológicas muy apartadas, el mar en que se depositaron la mayor parte de los sedimentos que integran

aquellos terrenos empezó a retirarse hacia el NE., pero conservando su orilla, en las diversas posiciones que ocupó, formas geométricas análogas. La persistente retirada del mar no pudo ser debida a otra causa que a las sucesivas revoluciones tectónicas a que estuvo sometido el suelo del país cántabroasturico, cada una de las cuales determinó la formación de un sistema de cordilleras curvilíneas que en la época de su emersión formó la costa del expresado mar, quedando dicho sistema orográfico directamente soldado a la tierra firme, ya constituida de antiguo, o permaneciendo algún tiempo separado de ella por hondos surcos ocupados por las aguas. Este régimen ha persistido en el país de que se habla desde los tiempos paleozoicos hasta el terciario.

Dentro de cada terreno (cualquiera que sea su edad geológica) se observa además que ciertos niveles petrográficos, como la caliza carbonífera y la cuarcita siluriana, asoman repetidas veces en forma de fajas que dibujan curvas idénticas a las descritas por los terrenos, las cuales coinciden con las principales líneas orográficas actuales y que, por tanto, pertenecen a elementos tectónicos producidos o renovados por movimientos orogénicos modernos. Esto último, que es evidente respecto a las montañas formadas total o parcialmente por rocas mesozoicas o terciarias, también es cierto para las cordilleras que se levantan en los terrenos antiguos, como lo prueba el hecho de que algunas de ellas se prolonguen a través del triás y la creta, cuyos terrenos fueron plegados en el mismo sentido que las rocas paleozoicas en cuyo contacto se hallan.

De todo lo dicho se concluye necesariamente, que en la región cántabroasturica, como en otras zonas plegadas de la tierra, la componente tangencial de la fuerza orogénica actuó en el mismo sentido a través de todos los tiempos geológicos.

CAUSAS QUE HAN DETERMINADO LA FORMA CURVA DE LAS CORDILLERAS

En el anterior capítulo han sido señalados los rasgos primordiales de la tectónica cántabroasturica e indicado el probable sentido en que actuaron las fuerzas orogénicas que los han originado. La disposición concéntrica de los terrenos y la coincidencia de las principales líneas de relieve con determinados horizontes petrográficos, son hechos que, con mayor o menor claridad, fueron observados (singularmente en Asturias) por todos los Geólogos, quienes, con el fin de explicarlos, imaginaron teorías diversas. Como éstas en su mayor parte difieren, tanto por las presiones admitidas como por la supuesta dirección en que obraron, de la sustentada por nosotros, juzgamos oportuno hacer un examen crítico de las más conocidas.

Schulz describe minuciosamente en su Memoria, y traza con exactitud en su mapa geológico, las principales curvas formadas tanto por las fajas de caliza carbonífera de las regiones central y oriental de Asturias como por las de cuarcita siluriana de la parte occidental. Hace notar asimismo la coincidencia de las zonas de aquellas rocas con las cordilleras que recorren de N. a S. la mencionada provincia, a las que considera como ramas o derivaciones de la que él llama repetidas veces «cordillera principal», en cuya cumbre coloca la divisoria hidrográfica de Asturias y Galicia. Esta apreciación, a nuestro juicio errónea, fué indudablemente debida a no haber extendido Schulz sus investigaciones a las montañas de León, las cuales están formadas por la prolongación de las ramas orográficas de Asturias. En lo que concierne a las causas determinantes de la expresada disposición, escribe lo siguiente (19): «La diversidad que se nota en la dirección de las montañas y la mayor diversidad que se observa en el rumbo de los estratos,

que siguen curvas más o menos abiertas o cerradas y también rectas de considerable longitud, buzando ya de un lado ya de otro, demuestran que fuerzas plutónicas enormes han fracturado la superficie primitiva, elevándola en puntos a montañas de muy considerable altura, con cumbres y picachos asombrosos, trastornándola y replegándola en muchos puntos, retorciéndola en otros y hundiéndola en algunos...» Como, por otra parte, supone Schulz que las serranías y cordilleras, al menos las de la región occidental, fueron producidas «probablemente de un golpe», es indudable que no cree el relieve de Asturias debido a pliegues de distinta edad y dirección que se han ido soldando unos a otros, sino que los estima el resultado de uno o varios esfuerzos orogénicos, cada uno de los cuales produjo ondulaciones cuyas directrices tienen la forma curva dibujada por las cordilleras. Schulz no parece asignar a las montañas del Occidente de Asturias (formadas por rocas cambrianas y silurianas) mayor antigüedad geológica que a las de la parte oriental, puesto que habla (20) de la «asombrosa elevación» de aquéllas, con lo cual expresa implícitamente que, desde el punto de vista morfológico, las juzga montañas modernas, es decir, que admite (de acuerdo con nosotros) que el movimiento orogénico alpino, al mismo tiempo que adicionó nuevas cordilleras al macizo cántabro-asturiano, renovó el relieve de las cadenas antiguas, ya muy atenuado por la erosión a que durante largas épocas habían estado sometidas.

Barrois admite (21) que las montañas de Asturias deben su elevación a dos movimientos orogénicos principales, ocurrido uno de ellos entre el carbonífero medio y el superior (movimiento hercíniano) y el otro después del eoceno (movimiento alpino). El primero fué producido por una presión que actuó en la dirección de los paralelos, y el segundo por una presión perpendicular a la que originó el anterior, o sea de la dirección de los meridianos. En lo que concierne a la naturaleza del mo-

vimiento hercíniano, funda Barrois su opinión en la dirección N.-S. de las capas paleozoicas de Asturias y Galicia y en su echado general hacia el O.; pero esto no concuerda exactamente con los hechos, porque, como el mismo Geólogo dice, la inclinación de los terrenos arqueozoicos de la segunda de aquellas provincias es la misma que la de los estratos silurianos, esto es, en el centro de la provincia buzan al O., en el N. de ella al NO. y en el Mediodía al SO. Añade, además, que los afloramientos paleozoicos se doblan en arcos de elipse tanto más acentuados cuanto más se avanza hacia el E. Estas condiciones no han podido ser realizadas por una presión que actuó, según Barrois, del O. hacia el E., sino más bien por una fuerza de dirección opuesta. El movimiento alpino fué producido, a juicio del Geólogo de quien hablamos, por una presión que obró de N. a S., la cual no sólo plegó los sedimentos mesozoicos de la región, determinando arrugas de dirección EO., sino que modificó sensiblemente el relieve del macizo paleozoico, ya muy denudado desde los tiempos hulleros. A este último movimiento se debe, según Barrois, el actual relieve de las montañas cantábricas. Para que esta explicación pudiera ser aceptada sería menester que los pliegues y cordilleras más importantes se hallaran orientados de E. a O.; pero esta dirección, como hemos visto, sólo existe en el tercio oriental de Asturias, mientras que en todo el resto de la región cántabro-asturiana las orientaciones dominantes son las NE.-SO., la N.-S. y la NO.-SE., las cuales no han podido ser originadas por una presión que actuó en la dirección de los meridianos. Hemos hecho notar, además, que tanto los pliegues de la parte oriental de Asturias como los de la región occidental de la misma provincia, no son más que las ramas septentrionales de amplias ondulaciones que se extienden desde el mar Cantábrico hasta la orilla N. de la meseta ibérica.

Las ideas de Barrois ejercieron visible influencia sobre algunos de los Geólogos posteriores, quienes, sobre todo, admiten como dirección única de los pliegues alpinos (o pirenaicos) la EO. Estas opiniones, por tanto, poseen los mismos puntos débiles que la de Barrois. Otros, separándose del punto de vista de este Geólogo, suponen que los pliegues de una fase dinámica, al llegar a la región afectada por la fase anterior, cambian más o menos de dirección, tomando la de los pliegues más antiguos. Entre estos últimos Geólogos es digno de especial mención Macpherson, para quien (22) la cordillera cantábrica «puede dividirse en cuatro elementos principales. En primer lugar, hallamos el macizo gallego, con sus dislocaciones precambrianas que arrumbaron sus estratos de SO. a NE. Viene el estrujamiento hercíniano y los terrenos paleozoicos se arrumban en grandes pliegues orientados de NO. a SE.; pero en la proximidad del macizo arcaico toman una dirección derivada y se orientan sus pliegues de SO. a NE. y de N. a S.; más luego, a cierta distancia del macizo arcaico recobran su plegamiento natural, produciéndose, por tanto, una curva muy marcada que se observa en el terreno y cuya convexidad mira a Poniente, formándose precisamente en el eje de esta curva la divisoria de aguas. Transcurre la época secundaria, y la cordillera Cantábrica forma parte de la antigua hercíniana; pero al terminar el secundario se inicia la formación de las cordilleras Pirenaica e Ibérica, y los pliegues y trastornos de esta última vienen a sumarse a los ya existentes de esa parte de la hercíniana; el Pirineo adquiere su último relieve y queda la cordillera Cantábrica como soldada a estas montañas por el comprimido fondo del gran geosinclinal del valle del Ebro». Considera, por tanto, Macpherson como causa eficiente de la curva que se observa en los terrenos paleozoicos del NO. de España, a la dirección derivada que los pliegues hercínianos han tomado al

acerarse al macizo arcaico gallego, ya emergido, según él, en los tiempos precambrianos. Para que esta hipótesis fuera admisible sería menester que aquella inflexión de los terrenos existiera sólo en la proximidad de dicho macizo, como suponía Macpherson; pero la dirección que éste califica de derivada es visible mucho más al E. (en el puerto de Sueve y otras sierras y cordales de Asturias), y es también la que corresponde a algunas de las ramas orográficas de Santander y Vizcaya, entre las cuales merece ser citada aquella de que forma parte el Castro de Valnera. La dirección de todas estas montañas no puede, en manera alguna, ser atribuída a la influencia del remoto macizo gallego, sino a una causa mucho más general.

Pero si en el punto examinado, la opinión de Macpherson sobre las causas de las particularidades que ofrecen la cordillera Cantábrica no la juzgamos debidamente fundada, no ocurre lo mismo en lo que respecta a la tectónica y significación orográfica de algunas de las líneas de relieve de la vertiente meridional (singularmente las de las provincias de Palencia y Santander), a las que asigna la dirección SE. y considera formadas por pliegues ibéricos que han venido a «sumarse» a los hercínianos ya existentes. También apreció Macpherson, aunque no con toda claridad, las curvas que describen las sierras mesozoicas que, al E. de Peña Labra, componen la cordillera; porque cree a ésta formada, entre San Vicente de la Barquera y el Puerto de Palombera, por tres segmentos diferentes separados por grandes fallas, uno de los cuales se repite, al otro lado de la divisoria hidrográfica, en la Sierra de Hijar, a la que incluye ya en la cordillera Ibérica, la cual supone enlazada a la Cantábrica cerca de Peña Labra.

Consideremos ahora la opinión de E. Suess. Fundándose en la disposición de los terrenos antiguos del NO. de España, puesta de relieve por los trabajos de Schulz, Barrois y Mac-

pherson, cree aquel Geólogo (23) en la existencia en aquella región, al terminar el período carbonífero, de un extenso arco montañoso de forma análoga al que describe la moderna cordillera Bética al doblarse en Gibraltar para penetrar en África. La falla del Guadalquivir, que corta casi normalmente a la rama meridional de los pliegues antiguos, se opuso al desarrollo, según Suess, de pliegues alpinos en la meseta ibérica. La relación de los dos arcos montañosos citados, de formas muy análogas, ofrece un enigma que el sabio Geólogo no acertó a descifrar; porque los pliegues hercinianos y los de la cadena bética, lejos de ser paralelos como los «veriscicos» con relación a los alpinos, forman, en la proximidad de la mencionada falla, un ángulo de cerca de 90 grados, y el echa-dío de unos y otros es también muy diverso. El arco montañoso septentrional fué formado, a juicio de Suess, durante la fase orogénica herciniana, pues dicho Geólogo no parece reconocer, en la orografía del O. de Oviedo, huellas del movimiento alpino. La Península Ibérica, por tanto, es el resultado de dos intensos plegamientos de edades muy distintas: el herciniano, que arrugó principalmente a las regiones NO. y SO., y el alpino, que hizo emerger de los mares terciarios todo el resto de la Península.

Es innegable la existencia, al terminar el período carbonífero, de la cadena herciniana descrita con tanta precisión como detalle por Suess; pero el acentuado relieve del extremo Noroeste de España no ha podido ser engendrado por un proceso dinámico tan antiguo. La edad reciente de la mayor parte de las cordilleras de Asturias y Galicia es evidente. Ya se ha dicho, además, que aquellas cordilleras describen curvas paralelas a las fajas de los terrenos paleozoicos; lo que prueba que los pliegues modernos se hallan superpuestos a los antiguos y que, por tanto, la reconstrucción del relieve actual con arreglo al plan antiguo, no sólo se realizó, como suponía Suess, en

la región bética, sino también en una gran extensión del NO. de la Península Ibérica.

Los Geólogos modernos, nacionales y extranjeros, han creído reconocer algunos nuevos elementos en la tectónica de la región Cantábrica, pero siguen en gran parte las teorías de Barrois, Macpherson y Suess. El profesor Hernández Pacheco, en un trabajo de síntesis bien conocido (24), se limita a reproducir las opiniones de los dos últimos autores nombrados, pero sin decidirse por ninguna de ellas. Cree, sin embargo, (25) que el relieve de Galicia no es el producto exclusivo de movimientos orogénicos paleozoicos, sino que en su formación intervinieron movimientos modernos de carácter epirogénico, los cuales rejuvenecieron la orografía. A los pliegues de edad alpina los considera orientados del E. hacia el O., y los llama, como otros Geólogos, pliegues pirenaicos. En un trabajo reciente (26), el mismo profesor da una explicación del origen de los arcos que forman las montañas del O. de Asturias, a los que supone más aparentes que reales, puesto que los estima el resultado de la unión de tres sistemas de pliegues de edades muy diferentes: los hercinianos dominantes; los pliegues de dirección NE., producidos por un fenómeno de descompresión de la cordillera herciniana (nombrados por él pliegues póstumos hercinianos), y, por fin, los pliegues pirenaicos.

Esta teoría está sujeta a las mismas críticas que las antes expuestas, pudiendo añadirse, que los fenómenos de descompresión a que atribuye Hernández Pacheco las ramas montañosas de dirección NE., han podido modificar, sin duda alguna, el relieve de la cordillera herciniana, pero no hay razón para creer que hayan cambiado tan profundamente su dirección en puntos determinados, como el O. de Asturias y la región Carpetana.

El Ingeniero de Minas L. Adaro, quien dedicó gran parte

de su vida al estudio de la geología de Asturias, llegó a conclusiones que, en lo que concierne a la tectónica, coinciden, en parte, con las formuladas por Barrois, y, en parte, con las de Macpherson. Refiriéndose a los movimientos orogénicos a que estuvo sujeto el suelo de dicha provincia y a los pliegues sucesivos que aquellos produjeron, se expresa en los siguientes términos (27): «Ahora bien: a poco que se estudien esas montañas occidentales, compréndese que el macizo continental iniciado más allá de ellas en los tiempos primitivos, fué ensanchándose durante los paleozoicos y sirvió de masa resistente a los plegamientos alpinos; por lo que, en modo alguno, la cadena pirenaica puede considerarse extendida hasta Galicia, donde los reiterados arrumbamientos NO.-SE.-NS. y NE.-SO., señalan bien el origen y la edad de los movimientos que allí se sucedieron. Las curvaturas concéntricas de las directrices de los pliegues prueban que éstos se han ido adaptando unos a otros; pero, en rigor, la orografía pirenaica se mantiene de preferencia en los macizos de la divisoria, en tanto que, según se marcha hacia el mar, las direcciones de las montañas y las de los estratos van coincidiendo, y domina la NO.-SO. de los terrenos primarios. Dedúcese de aquí que la influencia de los movimientos llamados pirenaicos sobre la orografía y la estratigrafía de los montes cántabro-astúricos va desvaneciéndose según se marcha del E. hacia el O., y siendo sucesivamente sustituida por la de los hercinianos, caledonianos y precambrianos.» El párrafo transcritto y otros que pudieran citarse, demuestran (si hemos comprendido bien el sentido de ellos), que Adaro supone que los movimientos precambrianos, caledonianos y hercinianos determinaron la formación de pliegues rectos de diversas direcciones, los cuales, soldados unos a otros, o simplemente por su especial distribución, originaron el grupo de cordilleras curvas de la parte occidental de Asturias. Durante el movimiento alpino

el macizo así constituido actuó de *horst* o masa resistente, y obligó a los nuevos pliegues a adaptarse a él y a reproducir curvas de forma análoga. Es ésta la opinión de Macpherson, antes recordada, aplicada a los pliegues terciarios, y una y otra coinciden, en lo esencial, con la de Termier que luego se expondrá. Por tanto, todos los reparos puestos a la teoría de Macpherson, como lo que después se dirá de la de Termier, tienen aplicación a las ideas de Adaro sobre la tectónica de Asturias. En el libro citado hace el autor una descripción precisa de los arcos que forman las fajas de cuarcita visibles en el corte estratigráfico (trazado por él) desde Liébana al mar, aunque incurre en el error de suponer que dichas fajas, después de cruzar la divisoria hidrográfica con dirección SE., se doblan hacia el E., para tomar de nuevo, en la ladera S. de los Picos de Europa, una orientación claramente pirenaica: error nacido, a mi juicio, de admitir que estas montañas, consideradas en conjunto, forman un gigantesco pliegue anticlinal. De esta opinión participó también R. Urrutia (28), quien en su *Esquema estratigráfico de las provincias de Asturias y León*, dibuja las hiladas de caliza carbonífera formando pliegues «tóricos» en torno de aquel macizo montañoso. Ya Casiano de Prado (29) llamó a los Picos de Europa «núcleo y corona de unas montañas, a cuyo amparo debieron nuestros padres la salvación de sus leyes y de su culto».

Consideraremos, para terminar este examen, la opinión de P. Termier, la cual se halla contenida en su nota a la Academia de Ciencias de París, de mayo de 1918 (30). A juicio de Termier hay en Asturias, y especialmente en la región central, dos cadenas de montañas «que se cruzan» y que son de edades muy diferentes: la cadena hercíniana y la alpina (o, para hablar con más propiedad, pirenaica). La primera, debida a movimientos orogénicos de la época estefaniense, está forma-

da por un haz de pliegues cerrados que pasan de la dirección NE., cerca de la costa, a la O.-NO., en la porción elevada. La segunda, resultando de la fase orogénica alpina, está integrada por pliegues de dirección E. o ES., de muy desigual intensidad de un punto a otro. Reconoce Termier que en varios puntos del país recorrido por él los pliegues pirenaicos toman direcciones hercianas; como, por ejemplo, entre Cervera y Reinosa, donde las sierras se dirigen al NE., y son paralelas, por consecuencia, al de las ondulaciones hercianas, y en la costa de Asturias, donde abundan los cordales arrumbados al NE., que afectan al lías y otras formaciones mesozoicas de aquella provincia. Todas estas excepciones las cree Termier producidas por «pliegues póstumos» en el sentido de Suess.

Ninguna objeción puede ser hecha a lo expresado por el Geólogo de quien hablamos respecto a la cadena herciana, la cual considera integrada, coincidiendo en este punto con Suess, por un haz de cordilleras curvilíneas formadas por un solo movimiento orogénico. No puede, en cambio, aceptarse, sin grandes limitaciones, su opinión sobre la cadena nombrada por él pirenaica. Ya se ha dicho que la mayoría de los macizos montañosos del país cántabro-asturiano están arrumbados en la rama N. de los arcos al NE., y en la rama S. de la misma al SE., y que las cordilleras de Asturias se prolongan por sus dos extremos a través de las rocas mesozoicas, indicio de que su última emersión se realizó en la época alpina. También se ha hecho ya notar que la orientación E.-O., considerada por Termier como la propia de los pliegues pirenaicos, está reducida a un limitado número de cordilleras de la parte oriental de Asturias, pero que éstas, al acercarse al río Sella, cambian de dirección (algunas, como la sierra caliza que pasa al N. de Covadonga, doblándose violentamente), para efectuar después la misma rotación que las montañas más occi-

denciales. A esto se refiere, sin duda, Termier, cuando escribe: «Hay a veces, cerca de Ribadesella y de Llanes, composición o interferencia de pliegues, haciendo aquí las dos direcciones componentes un ángulo de 50 grados.» Por tanto, conforme a la opinión de aquel Geólogo, sería forzoso admitir que la mayor parte de las montañas alpinas de Asturias, León y Palencia son debidas a pliegues póstumos, es decir, que una fuerza plegante que actuó de N. a S. produjo un pequeño número de cordilleras de dirección E.-O., y, en cambio, engendró otras muchas orientadas de muy diverso modo (unas al NE. y otras al SE.). Aunque, orográficamente, los Picos de Europa, cuya dirección pirenaica es manifiesta, son considerados como las montañas más importantes de la región, existen otras de indiscutible orientación herciana, cuya elevación y fragosidad no han podido ser producidos por «movimientos de débil amplitud, que recuerdan, después de largas series de siglos, los movimientos intensos de antaño», que es la definición que da Termier del término «pliegues póstumos». Entre estas últimas montañas merecen citarse: en la vertiente castellana, la Sierra de Redondo, la acentuada línea de relieve de que forman parte Pico Espigüete y la Peña del Tejo, etc., y en Asturias, el Aramo, Peña Mayor, Puerto de Sueve, etc.

Casi todos los autores citados parecen reconocer, por lo que se ha visto, como causa de las cordilleras curvas, la unión de dos o más pliegues de distinta edad y dirección, o la desviación impresa a las dislocaciones de una época orogénica por macizos emergidos con anterioridad. La primera causa no ha podido conducir, por las razones alegadas, a la formación de montañas (en el sentido morfológico del término) dobladas en arco. La segunda es la preconizada, para la mayoría de los casos, por Suess y Kayser, pues, a juicio de estos Geólogos (31), cuando un macizo ya consolidado se opone al libre desarrollo de un pliegue, éste se aparta de su dirección original y da lu-

gar a una línea de relieve arqueada. La opinión de Lorenz coincide también con la anterior. Estos autores parecen admitir implícitamente la tendencia de la corteza terrestre a plegarse según líneas rectas, y que sólo cuando se opone a ello alguna resistencia se forman pliegues doblados en arco. Nosotros creemos que, a la inversa de esto, las fuerzas orogénicas producen normalmente en la corteza externa del globo deformaciones curvilíneas y que los pliegues de directrices rectas constituyen la excepción. Esto es lo que se observa en toda esfera sólida sometida a acciones mecánicas capaces de modificar su superficie. Las descripciones y análisis que preceden conducen a esta misma conclusión. Queda dicho que los pliegues de dirección NE., NO. y EO., considerados por muchos Geólogos como dislocaciones precambrianas, hercianas y alpinas, respectivamente, no son, para nosotros, sino segmentos de las ondulaciones que, en la forma descrita, recorren de N. a S. el país cántabro-asturico. Esto equivale a identificar las presiones generadoras de aquellos accidentes tectónicos, y a admitir una sola fuerza plegante, que en cada fase orogénica produjo arrugas elípticas cuyas ramas septentrionales se orientan, en general, al NE., y las meridionales al SE. Hemos visto también que los pliegues de todas las épocas geológicas son sensiblemente concéntricos, y que, por tanto, la presión orogénica actuó siempre en el mismo sentido. Los arcos descritos por los pliegues, y las cordilleras de igual forma que originaron, no son, según esto, el efecto de la unión o interrupción de dos o más pliegues de distinta edad y dirección, sino el producto de una fuerza de carácter pulsatorio que deformó siempre de igual modo al área sometida a su influencia. La dirección probable de esta fuerza fué la SE.-NE. Acaso sea más propio decir que el plegamiento fué provocado por un estado de tensión de ciertas porciones de la corteza externa, el cual determinó, en cada sección del haz de

cordilleras, movimientos análogos a los que hubiera producido un empuje dirigido hacia el lado externo de las curvas. Como, por otra parte, el escalonamiento de los terrenos demuestra que los arcos orográficos se fueron sumando sucesivamente al macizo continental por su borde cóncavo, dichos arcos se formaron necesariamente en los lugares ocupados por las antiguas costas, y reproducen la forma de éstas, lo cual concuerda con el punto de vista de Wegener y Andrée (32), para quienes los límites de las masas continentales y las cuencas oceánicas, constituidas las primeras por materiales «sálicos» y las segundas por rocas de carácter «símico», son las partes más débiles de la litosfera, y, por tanto, las que se pliegan con mayor facilidad. Las razones por las que, según nosotros, la formación de un arco montañoso determina en la zona interna próxima una marcada tendencia o predisposición (por su menor resistencia) a plegarse en una época orogénica posterior, serán aducidas en otro lugar.

SUPUESTAS COBIJADURAS DEL PAÍS CÁNTABRO-ASTÚRICO

En trabajos que han salido a luz en los últimos veinte años, debidos casi todos a Geólogos franceses, se pretende explicar la tectónica del macizo cántabro-asturico admitiendo que en la historia de éste, como en la de los Alpes, ha habido episodios caracterizados por el arrastre de grandes paquetes de estratos, los cuales, plegados en las posiciones a que fueron llevados, originaron montañas «exóticas» más o menos alejadas de los lugares en que fueron depositados los sedimentos que las forman. Dichas series de estratos se superponen, como consecuencia de los deslizamientos que han experimentado, a terre-

nos más modernos, los que, en ciertas localidades, son visibles a través de «ventanas» y «ojales» abiertos por las acciones erosivas en las zonas que los cobijan.

El primero que preconizó el expresado punto de vista fué P. Termier, quien, en nota presentada a la Academia de Ciencias de París el 27 de noviembre de 1905, emite la idea, fundada en el resultado del examen de la estructura de las cercanías de Torrelavega, Reocín, Mercadal, etc., de que la provincia de Santander es un país de hojas o mantos. Con posterioridad a aquella fecha hizo el mencionado Geólogo otros viajes a Asturias, León y Santander, con el fin de realizar nuevas observaciones, las cuales, con la significación tectónica que les atribuye, dió a conocer a la misma Academia en sus comunicaciones de marzo, abril y mayo de 1918, a la última de las cuales ya nos hemos referido en anterior capítulo. León Bertrand y Luis Mengaud realizaron, entre 1907 y 1914, un estudio profundo de la geología del extremo oriental de Asturias y porción próxima de la provincia de Santander, el cual los llevó a conclusiones que, en punto a la existencia de cobijaduras, concuerdan totalmente con las de Termier. Los resultados obtenidos por estos investigadores también fueron comunicados (en diversas notas) a la citada Academia, y expuesto después con mayor extensión por L. Mengaud en su obra *Recherches géologiques dans la région cantabrique*, 1920.

Los Geólogos españoles, en general, son opuestos a la idea del carácter exótico de las montañas cántabro-astúricas. Sólo Hernández Pacheco (33) cree haber reconocido fenómenos de cobijadura en el límite oriental de los depósitos mesozoicos de Asturias (cerca de Ribadesella), donde, a juicio de dicho profesor, la caliza carbonífera se superpone al triás, y el jurásico se halla en contacto anormal con aquella misma roca.

Antes de proceder a la revisión de los hechos en que basan su opinión los autores nombrados, conviene cotejar, desde

un punto de vista general, la tectónica alpina con la de la región cántabro-astúrica, para, por este medio, poner de relieve las analogías y diferencias que entre una y otra existen. Los caracteres específicos de la estructura de los Alpes son, según O. Wilkens (34), los siguientes: «1.º La distribución en zonas de las formaciones y rocas: a), por haber sido depositadas en mares que se extendían paralelamente a la dirección de las montañas actuales, y b), a consecuencia de la formación de zonas de cobijadura que, procediendo de una «región de raíces» paralela al eje de las montañas, se desarrollan hacia el lado externo de éstas. 2.º La marcha ondulada de los ejes de las zonas y pliegues, lo que da lugar a que asomen en la superficie de las montañas zonas más o menos profundas, las que, según la energía del proceso erosivo, pueden formar masas sobreuestas o ventanas. 3.º La existencia de macizos antiguos plegados dentro de las partes constituidas por mantos exóticos. 4.º Los asomos de rocas hipogénicas de la región de raíces, los cuales son el producto de erupciones posteriores al plegamiento.»

Recordemos ahora los rasgos característicos de la tectónica de las montañas cántabro-astúricas. Están éstas formadas, como ya se ha dicho repetidas veces, por un haz de cordilleras curvas, con la convexidad vuelta hacia el NO.; disposición orográfica que recuerda la de los Alpes occidentales. Tanto por la forma de los arcos como por el sentido en que hemos visto que actuaron las fuerzas orogénicas, débe ser considerado como lado interno del sistema, lo mismo que en otras montañas, la orilla cóncava, y como lado externo el borde convexo que mira al Océano Atlántico. Conforme a esta interpretación, el *rückland* debe encontrarse en el valle superior del Ebro. Podría considerarse como *vorland* la región arcaica del NO. de la Península; pero formando ésta, para nosotros, parte integrante del sistema orográfico cántabro-astúrico, el

antepaís se encontrará en la actualidad bajo las aguas del mar. Los terrenos de la región constituyen bandas que describen curvas análogas a las de las cordilleras; pero entre esta distribución y la que se observa en los Alpes existe una diferencia esencial, porque en estas últimas montañas las formaciones más modernas, por efecto del resbalamiento hacia el N. que han experimentado las zonas, se encuentran principalmente en el borde externo, mientras que en el país cántabro-asturico, los terrenos son tanto más antiguos cuanto más al NO. se hallan. No existe en las montañas cántabro-asturicas parte alguna que, a la manera de los macizos de Mont-Blanc, Aar, Gotardo, etc., de los Alpes, hayan servido durante el proceso orogénico de arista rígida, la cual fué franqueada por algunas de las zonas exóticas, mientras que la más importante de todas (*la pennínica*), se detuvo al S. de ella. Aunque el suelo de Galicia está constituido en casi su totalidad por rocas arcaicas análogas a las que integran los nombrados macizos alpinos, su función tectónica fué muy diversa de la de aquéllos, y más bien puede ser equiparada a la asignada por algunos autores, con relación a los Alpes, a la meseta central francesa, Los Vosgos, La Selva Negra y La Mola Bohémica, es decir, que dentro de ciertos límites, el macizo arcaico gallego, ya emergido en época geológica muy antigua, sirvió de obstáculo resistente durante las fases orogénicas posteriores a la que le dió origen, pero no de una manera absoluta, puesto que dicho macizo fué a su vez, como luego se dirá, más o menos afectado por todos los plegamientos, y singularmente por el alpino. En lo que respecta a las rocas de naturaleza eruptiva, el macizo cántabro-asturico difiere profundamente del alpino. En la parte de aquél constituida por terrenos paleozoicos y mesozoicos, los asomos de dichas rocas son muy escasos, y su repartición no parece sujetarse a ley alguna. Abundan los granitos en el extremo NO. de la región, sobre todo en Galicia;

cia; pero aunque algunas de las variedades de esta roca fueran el producto de erupciones modernas (la mayor parte de los Geólogos que estudiaron aquellas provincias los creen de edad herciniana), su posición sería muy distinta de la ocupada por los granitos de los Alpes, los cuales se hallan, como ya se ha recordado, en el borde interno de la montaña.

Las diferencias esenciales entre uno y otro grupo orográfico se destacan aún más claramente dividiendo las zonas alpinas, como propone E. Kayser (35), en tres categorías: 1.^a Montañas autóctonas. 2.^a Región de zonas exóticas. 3.^a Región de raíces. Ya se ha dicho que nada análogo a los macizos autóctonos de los Alpes existe en las montañas de Asturias, León, Palencia y Santander. La región de las zonas exóticas alpinas está formada principalmente por un sistema de pliegues sobrepuertos, cuyas ramas ocupan posiciones próximas a la horizontal. Tampoco se encuentra, en la comarca montañosa objeto de este trabajo, parte alguna comparable a dicha segunda región. Los cortes estratigráficos que se han insertado, tomados en puntos muy diversos del país, demuestran que en éste los niveles petrográficos están casi siempre formados por grupos de bancos que presentan un echado muy rápido, asemejándose en esto, más que a las partes exóticas de los Alpes, a la región de raíces de estas montañas.

Basta esta breve comparación para prever que el esclarecimiento de la estructura de las montañas cántabro-asturicas por medio de la teoría de las zonas de cobijadura ha de ofrecer serias dificultades. Estos obstáculos se hallan, por lo demás, patentizados por las conclusiones contradictorias a que, en lo que respecta al sentido de las traslaciones, llegaron los diversos investigadores. A juicio de P. Termier (36), los arrastres post-numulíticos que ha experimentado el suelo de Asturias son el resultado de un empuje de N. a S. que ha producido el avance de todo el país cantábrico sobre la región tabular de

Castilla; Bertrand y Mengaud, en su primera nota a la Academia de Ciencias, preconizan un movimiento de sentido inverso, es decir, de S. a N. Esta es también la opinión de Hernández-Pacheco, quien, en su comunicación a la Sociedad Española de Historia Natural, ya citada, escribe, refiriéndose a las cobijaduras observadas por él en la proximidad de Ribadesella, que «los empujes parecen haber obrado de S. a N.». Por fin, Mengaud, en su último trabajo (publicado ocho años después de su primera nota), se muestra de acuerdo con las ideas, ya expresadas, de Termier, puesto que, hablando de la caliza de los Picos de Europa, dice que da la sensación de una masa que fué empujada hacia el S. (37), aunque reconoce (38) que algunos de los arrastres se operaron hacia el SO.

Procedamos ahora al examen de los hechos que han movido a los susodichos Geólogos a incluir a Asturias y las partes próximas de las provincias limítrofes entre las regiones montañosas caracterizadas por la existencia de zonas de cobijadura. Son aquéllos los siguientes: 1.º La banda cretácea de La Robla, La Vecilla y Cervera, violentamente plegada, buza al N., es decir, se *hunde*, según Termier (39), *bajo el país paleozoico*. 2.º La presencia, en las montañas de la costa de Asturias, de testigos de arenisca paleozoica y masas de caliza dinantiense que descansan sobre terrenos más modernos (hullero superior, cretáceo y numulítico). 3.º Las ventanas tectónicas de Lebeña y Campomayor, que permiten ver, en opinión de Mengaud (40), las margas albienses a través de la caliza carbonífera de los Picos de Europa.

Consideremos primero la superposición del carbonífero de León y Palencia al cretáceo de las mismas provincias. Es éste, indudablemente, un hecho del mismo orden y debido a la misma causa, que la superposición de la cuarcita siluriana y la caliza dinantiense de Asturias a las formaciones más modernas, y lo que luego se dirá respecto a estas cobijaduras tiene apli-

cación al caso que se analiza. Aparte de esto, pueden ser citados datos positivos que prueban que el carbonífero de Palencia y León, sobrepuerto al cretáceo donde ambos sistemas se hallan en contacto (aunque no faltan excepciones a esta disposición general), se dobla en profundidad hacia el S., formando un sinclinal que sitúa los terrenos, no lejos del punto en que se hallan invertidos, en su posición geológica normal. El sondeo efectuado hace algunos años al O. de la estación de Vado-Cervera, cortó primero el cretáceo y después el carbonífero con tres capas de antracita. Este último terreno, así como el cretáceo que se superpone a él, tiene echado suave hacia el S., es decir, hacia la meseta ibérica. Los terrenos paleozoicos del N. de España no terminan, por tanto, en la línea de contacto con las formaciones secundarias, como ocurriría si constituyeran una masa geológica exótica, sino que se prolongan por debajo de aquéllas, hallándose, tal vez, enlazadas con los de igual edad de la Sierra de Burgos; aunque los plegamientos y denudaciones seguramente habrán destruido una grande extensión de los sedimentos primitivos. En el corte de la figura 17, tomado al E. de la estación nombrada, se ve el sinclinal de que hemos hecho mención, seguido del pliegue anticlinal que dió origen al páramo de Barcenilla, montaña que constituye para nosotros el eslabón más septentrional de la Cordillera Ibérica.

Para analizar el segundo orden de hechos alegados, nos fijaremos en el caso concreto de la caliza carbonífera de los Picos de Europa, la cual, según Mengaud (41), descansa «como un gigantesco casquete» sobre el hullero superior del valle de Liébana. La figura 18 representa la disposición asignada por dicho Geólogo a los terrenos que asoman entre Potes y el puerto de Aliba. El contacto de la caliza y el hullero se efectúa entre 1.400 y 1.500 metros de altura, y no da, en el sentir de Mengaud, «la impresión de que la caliza dinantiense

dibuje un sinclinal colmado por las pizarras del carbonífero superior, sino más bien la de una masa superpuesta que fué empujada hacia el S. Esta es la razón aducida en apoyo de la supuesta cobijadura a que nos referimos. Para que esta interpretación de los hechos fuese exacta, sería menester que la superposición de la caliza al hullero se hallara realizada en toda la unidad tectónica de la cual el macizo de los Picos de Europa es sólo una parte integrante, es decir, a lo largo de la cordillera en arco que tiene por extremo septentrional el expresado macizo y por rama meridional las peñas calizas que se destacan al NO. de Cervera de Pisuerga. Pero ya se ha dicho que las cadenas que forman las montañas cántabro-astúricas están divididas en grandes tramos o segmentos, en algunos de los cuales las calizas buzan hacia el lado externo de los arcos, y en otros, al contrario, buzan hacia el lado interno, es decir, que en unos casos los terrenos se hallan invertidos, apoyándose los más antiguos sobre los más modernos, mientras que en otros las formaciones y horizontes petrográficos se hallan sobrepuertos en el orden normal. En las montañas más elevadas de la porción meridional de la cordillera de que forman parte los Picos de Europa, es a saber: Espigüete y Peña del Tejo, las calizas, como puede verse en la figura 19, buzan al NE., apoyándose en ellas un enorme tramo de arenas y conglomerados hulleros, que se extienden hasta el macizo de Curavacas, donde el lago que, a 2.000 metros próximamente de elevación, existe en él, tiene su lecho labrado en las dos rocas mencionadas. Dista mucho, por tanto, de ser general la superposición de la caliza dinantense a rocas carboníferas más modernas. Podría admitirse que, después del arrastre postnumulítico, la caliza se hallaba superpuesta en toda su extensión al hullero, pero que, sujeto después el país al plegamiento alpino, algunos fragmentos de montaña fueron invertidos, mostrándose hoy, como consecuencia de esta sub-



Fig. 18. - Contacto de las calizas dinantienses de los Picos de Europa y de las pizarras de Potes (según Mengaud).

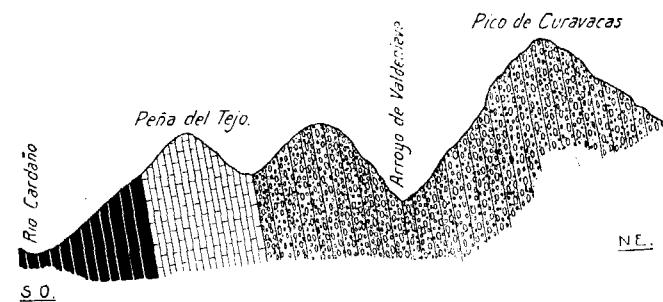


Fig. 19. — Corte por las peñas del Tejo y Curavacas



Fig. 20. — Corte por Infiesto y Erias (según L. Mengaud).

versión, los terrenos en superposición normal; pero en este caso las zonas miloníticas, producidas indudablemente por movimientos relativos de haces de estratos de diversa naturaleza mecánica, servirían, por su posición tectónica actual, de criterio indicador de las partes en que, por haber sido intensamente plegados, se presentan los terrenos en el orden dicho. Abundan las milonitas en la región cántabro-astúrica. Se observan, más generalmente, en el contacto de la caliza de montaña con los tramos de rocas más blandas (psammitas, areniscas y pizarras), lo que induce a creer que estas últimas, reducidas a polvo por el rozamiento, fueron arrastradas por las aguas que circulan en abundancia por dicho contacto, o transformadas por la presión en pizarras, mientras que una parte del banco de caliza, dividido en fragmentos de tamaños muy variados, dió lugar, después de cementado, a la zona milonítica. Estas no tienen, en general, grandes extensiones, presentando más bien un carácter local. Las citadas por Mengaud se hallan en el contacto de calizas y cuarcitas que buzan al N. con rocas blandas más modernas de igual echado; concluyendo de esto dicho autor que los empujes obraron hacia el S. Con arreglo a este criterio, si, con posterioridad al arrastre, el fruncimiento de la región hubiera ocasionado subversión de estratos, las milonitas se hallarían en la base primitiva de la masa de caliza, pero no en su base actual. Nunca, sin embargo, las hemos observado, ni creemos que hayan sido observadas por otros, en esta posición, sino en la ya dicha. Podrían citarse muchos ejemplos de ello, tomados de masas de rocas (singularmente de calizas) pertenecientes a segmentos muy distintos de los arcos que forman los niveles petrográficos más resistentes, y, por tanto, poseyendo las orientaciones más variadas. Se hará mención, por ser caso muy instructivo, de la zona de milonitas que asoman en el contacto de la caliza de montaña de la sierra de la Sobia con el carbonífero del

valle de Teverga. Como dicha sierra se halla orientada de NNE. a SSO., habría que deducir, si Asturias fuera un país de mantos exóticos, que los arrastres en este punto de la provincia se realizaron hacia el NO.; conclusión contradictoria con aquella a que fué conducido Mengaud por sus observaciones en el extremo oriental de Asturias, puesto que ya han sido apuntadas las razones que hay para creer que el relieve actual de toda la región es debido, sobre todo, al plegamiento terciario.

Conviene hacer notar que en todas las superposiciones de la caliza dinantiense al hullero, los estratos de ambos niveles geológicos se presentan con idéntica inclinación, hecho que contrasta con la disposición ofrecida por los contactos de la misma caliza con rocas secundarias, porque en todos estos últimos casos los bancos de rocas paleozoicas y mesozoicas muestran una acentuada discordancia angular. Como ejemplo de ello reproducimos (fig. 20) el corte de Infiesto a Erías, tomado por Mengaud, en el cual, sobre la cuarcita y caliza devoniana, con inclinación rápida al N., se apoya el cretáceo con echado suave en el mismo sentido, apareciendo este mismo terreno al S., con idéntica inclinación, como cobijado por la cuarcita. La figura no da ciertamente la sensación de que las rocas paleozoicas constituyen una masa exótica sobrepuesta al cretáceo, sino más bien la de un grupo de bancos que penetran profundamente en la corteza terrestre. Para explicar este hecho, dentro de la hipótesis de las zonas de cobijadura, habría que admitir que la cuarcita devoniana resbaló sobre el cretáceo hacia el N., cayendo, al final del arrastre, en un hondo desgaje que había en el terreno. Menos artificiosa y forzada que esta explicación es la que hemos dado para un caso análogo al que ahora se examina (el de Peña Careses), que consiste en considerar autóctona toda la región, la cual estuvo sujeta, en el transcurso de su historia geológica, a dos

grupos principales de movimientos orogénicos, a saber: el primero, anterior al cretáceo, plegó las cuarcitas y calizas paleozoicas, y el segundo, posterior al mesozoico, y del mismo sentido que el precedente, acentuó los pliegues de aquellas rocas, estrujando al mismo tiempo los sedimentos secundarios depositados en los sinclinales formados durante la primera fase orogénica. La presión actuó, en todas las épocas, hacia el N., siendo, como consecuencia de ello, apretado el cretáceo situado al S. del pliegue paleozoico contra la cuarcita, y quedando cobijado aparentemente por ella.

Todos los contactos anormales de las areniscas devonianas descritos por Mengaud y Termier, tienen, a nuestro juicio, una significación tectónica idéntica a la que hemos asignado a los contactos de la caliza carbonífera con rocas más modernas. No se muestran las areniscas, como supone Termier, formando casquetes aislados que, reunidos, «serían los testigos de una capa superior venida de la región marítima», sino constituyendo, como ya se ha hecho notar, fajas encorvadas, paralelas a las de la caliza e íntimamente asociadas a ellas, interponiéndose frecuentemente entre una y otra roca un banco de mármol rojo de algunos metros de grueso. Las cuarcitas y areniscas, como las calizas a que están unidas, sufrieron, en ciertos segmentos de las cordilleras, subversiones que las colocaron bajo su «substratum», pero en muchos macizos se las ve en su posición geológica normal. La persistente agrupación de las calizas y cuarcitas demuestra que estas rocas asoman en el orden en que han sido depositadas y que pertenecen a una misma unidad tectónica. En lo que respecta a esto último, también existe desacuerdo entre la opinión expresada por Termier y el punto de vista de Bertrand y Mengaud. Para el primero, con excepción de Arnao, todos los terrenos visibles de Asturias se hallan ligados los unos a los otros, sin mostrar desplazamientos relativos apreciables; Bertran y Mengaud (42) reconocen, al contra-

rio, en aquella provincia (o por lo menos en su porción oriental) dos unidades tectónicas distintas, a saber: 1.^a El manto o capa I, o de las sierras planas, formado principalmente de cuarcitas y areniscas del devoniano superior. Le da el nombre de capa de las sierras planas por formar la cuarcita paleozoica las sierras de la Borbolla, Purón y otras, de sección trapezoidal y superficie plana; pero este hecho morfológico dista mucho de ofrecer un carácter general, pues de ordinario la cuarcita da origen a agudas y ásperas montañas, como la Sierra del Fito y otras muchas de Asturias, León y Palencia. 2.^a La capa II, o de los Picos de Europa, que constituye el «substratum» de la anterior, por juzgarla, al parecer, aquellos Geólogos arrastrada con anterioridad a la capa I. Ya se ha dicho que en ciertos segmentos de la cordillera la cuarcita se apoya en la caliza y en otros es ésta la que se apoya en aquélla. Uno de los macizos en que se observa este último modo de superposición es el puerto de Sueve, estudiado directamente por Mengaud, quien concluye de sus observaciones que en dicha montaña, además de la capa de las sierras planas, se halla su cubierta normal de mármol rojo y caliza dinantiense, *apenas destacada de la masa subyacente y perteneciente a la misma unidad tectónica*. Por las razones antedichas creemos que esta conclusión es aplicable, y debe ser extendida, a toda la región de que se habla. Las cuarcitas y calizas asoman ordinariamente en la superficie merced a fallas, las cuales han puesto aquellos horizontes petrográficos profundos en contacto con formaciones más modernas, las que, por lo demás, se hallan en su situación estratigráfica original en la ladera de las cordilleras opuesta a aquella en que el terreno sufrió el desgarre.

La prueba de las ventanas tectónicas, aducida también como demostración de la existencia de cobijaduras en el país cántabro-asturico, tampoco la estimamos concluyente. Si la región estuviera constituida, como admite la teoría que se

discute, por masas exóticas que, después del arrastre que han experimentado, fueron intensamente plegadas y sujetas, como consecuencia de ello, a energicas denudacionnes, se encontrarían en ella frecuentes e indubitables ventanas tectónicas y de erosión. Las citadas hasta ahora (las de Lebeña y Campomayor, descritas por Mengaud, y los ojales de la caliza carbonífera observados por Hernández Pacheco, cerca de Ribadesella), las consideramos muy problemáticas. La primera de las mencionadas fué señalada en 1912 por L. Bertrand y L. Mengaud, para quienes margas pizarreñas negras, muy distintas de las pizarras de Potes, aparecen en Lebeña en forma de bóveda rodeada completamente de caliza dinantiense. Las mismas margas fueron descubiertas posteriormente por Mengaud (43) en el Puerto de Aliba y en Campomayor, bajo el chalet de caza del Rey Alfonso XIII, a 1.740 metros de altura. Como se ha visto antes, el contacto de la caliza dinantiense con el hullero de Potes tiene lugar entre 1.400 y 1.500 metros de altura, siendo poco verosímil que, dado el echado que allí muestra la caliza a tan corta distancia y a mayor altura, pueda aquella roca descansar directamente sobre margas secundarias. Estas se encuentran, a juicio de Mengaud, rodeadas por todas partes de cimas de caliza, entre las cuales sobresale Peña Vieja (de 2.640 metros de elevación). En el contacto de las calizas y margas existe una zona milonítica. He aquí lo que, respecto a la naturaleza de estas margas, escribe Mengaud (44): «Hemos señalado, con M. León Bertrand, su semejanza grande con las margas negras de las cercanías de Bilbao. A falta de documentos paleontológicos que zanjen la cuestión, debo limitarme a indicar las analogías litológicas. Desde este punto de vista, fuera de las margas pizarreñas negras de Vizcaya (probablemente albienses), no conozco más que las margas pizarreñas del lias (de los alrededores de Villacarriedo) que tengan casi el mismo aspecto que las de Lebeña y Campomayor. En todo

caso nada de análogo a lo que existe en los depósitos prediantienses.» De los argumentos transcritos concluye Mengaud que *la masa caliza de los Picos de Europa pertenece a una capa que se apoya claramente sobre margas de edad secundaria indeterminada, las cuales aparecen en ventanas tectónicas en Lebeña y Campomayor.* Esta conclusión, fundada en las débiles razones que hemos reproducido, entendemos que no puede ser admitida. Esta es también la opinión de algunos Ingenieros que, con posterioridad a las publicaciones de Bertrand y Mengaud, visitaron las localidades en que aquellos Geólogos hicieron sus observaciones. I. Patac (45), refiriéndose a Lebeña, escribe lo siguiente: «Las supuestas margas cretáceas citadas por los Sres. Bertrand y Mengaud, no las hemos visto por ninguna parte, ni existe, por tanto, el menor indicio de esa hipotética ventana cretácea, con la cual aquellos distinguidos Geólogos, ayudados por el ilustre Termier, han construido ese bello edificio formado con los sillares de los Picos de Europa, edificio que arrastraron después en masa, unos 40 kilómetros, contra la región tabular de Castilla.» Las margas de Campomayor fueron examinadas por el Ingeniero de Minas E. Corugedo, quien recogió algunos trozos con impresiones de plantas hulleras, que se hallan en la colección de la Jefatura de Minas de Oviedo. Esto prueba, de un modo concluyente, que aquellas rocas forman parte del sistema carbonífero, no obstante su analogía con algunas margas albienses. Es bien sabido, por lo demás, que las rocas del cretáceo (sistema que en ciertas regiones posee una considerable riqueza de carbón), tienen a veces cierta semejanza con las del terreno hullero.

Ya se ha hablado en páginas precedentes de la dirección asignada a los arrastres por los diversos investigadores. Consideremos ahora, con mayor detalle, los admitidos por Termier, por ser éste quien trató el punto con mayor amplitud.

Para dicho Geólogo ha habido en Asturias y provincias vecinas, a partir del hullero, la siguiente serie de fenómenos orogénicos:

«A).—*Arrastres preestefanienses* (probablemente del estefaniense inferior) provocados por violentos esfuerzos, en la región hoy día marítima, situada al N. de Asturias, no habiendo dejado más testigos que las milonitas de Arnao, relacionados tal vez con los grandes arrastres preestefanienses del macizo central francés.

»B).—*Plegamiento herciniano*, de la época estefaniense, afectando a toda la región y disponiéndola en pliegues cerrados; pliegues que forman ángulos de 90 a 100 grados, pasando de la dirección NE. (cerca de la costa) a la ONO. (en la región elevada).

»C).—*Arrastres postnumulíticos*, de edad un poco incierta, posteriores en todo caso al numulítico de San Vicente de la Barquera, resultantes de un violento empuje de N. a S., haciendo cabalgar sobre la región de la costa actual casquetes venidos de la región marítima, y produciendo el avance general de todo el país cantábrico sobre la región tabular de Castilla.

»D).—*Plegamiento pirenaico*, posterior a estos arrastres; pliegues de dirección E. o ESE., de muy desigual intensidad de un punto a otro, a menudo reducidos a amplias ondulaciones, bastante agudos otras veces para hacer desaparecer (cuando les son paralelos) los pliegues hercinianos.»

Se advierte, en primer lugar, que esta sucesión de movimientos no está regida por la ley geológica de la constancia de la dirección, en territorios a veces muy dilatados, de la fuerza orogénica; ley puesta primero de relieve por E. Suess, comprobada después, salvo excepciones de carácter local, por los Geólogos que estudiaron las zonas montañosas más importantes de la tierra, y realizada también, a nuestro juicio con parti-

cular claridad, en el país cántabro-asturico. El plegamiento herciniano produjo, según Termier, ondulaciones en arco cuya concavidad está dirigida hacia el SE., las cuales fueron debidas, según esto, a una fuerza plegante que actuó hacia el NO.; episodio orogénico contradictorio, en cierto modo, con el precedente (arrastres preestefanienses), que fué producido, en el sentir del mismo Geólogo, por empujes nacidos en la actual región marítima, los que, puesto que han afectado a Asturias, debieron obrar hacia el S. En los tiempos postnúmulíticos admite Termier presiones de N. a S. (procedentes también de la región ocupada actualmente por el mar Cantábrico), las cuales determinaron primero arrastres del mismo sentido, y, posteriormente, pliegues orientados de E. a O., es decir que, durante la fase orogénica alpina, la fuerza plegante actuó en una dirección que forma un ángulo de más de 90 grados con la de la fuerza que produjo el funcionamiento herciniano.

Podría objetarse que los arrastres y plegaduras preconizadas por Termier son una excepción de la ley que en otros sistemas de montañas rige este orden de hechos (por no poseer aquélla el grado de generalidad que se le atribuye); pero como cualquiera que sea la extensión de dicha ley, la tectónica es en todo caso un efecto del proceso geodinámico a que estuvo realmente sujeta la región, para que la expresada sucesión de fenómenos orogénicos fuera cierta, sería menester que permitiera explicar de un modo satisfactorio los rasgos más característicos de la estructura geológica de Asturias y las partes próximas de León, Palencia y Santander. Veamos si esta condición se halla realizada. No creemos que haya razones para oponer reparo alguno a lo dicho por Termier respecto al sistema de pliegues producidos por la fase orogénica herciniana, en cuyo punto nuestra opinión coincide en un todo con la de dicho Geólogo. En lo que concierne a las modificaciones

introducidas en el relieve por el plegamiento alpino, nuestras ideas difieren sustancialmente de las de Termier. Para éste, los pliegues pirenaicos se orientan, principalmente, de E. a O., aunque reconoce que en las montañas de Palencia y en la costa de Asturias existen ondulaciones terciarias de direcciones SE. y NE. respectivamente, las cuales son paralelas, por tanto, a los pliegues hercinianos de las mismas provincias. Estas ondulaciones son consideradas por Termier como excepcionales dentro del plegamiento alpino, y las califica, como ya se ha dicho, de pliegues póstumos en el sentido de Suess. Según nuestras observaciones, al contrario, los pliegues alpinos de dirección EO. se hallan localizados en el tercio oriental de Asturias, y constituyen la excepción, mientras que el hecho general son las ondulaciones NE. en la costa cantábrica, la N.-S. en el centro de la región y la SE. en las montañas de las provincias castellanas.

Se recordará, en corroboración de esto, el arco descrito por la cordillera más oriental de la región estudiada (formada, sobre todo, por rocas triásicas, y, por tanto, de indiscutible edad alpina), el cual es concéntrico con el que dibujan las cadenas de los terrenos carbonífero, devoniano y siluriano, plegados ya por vez primera en la fase orogénica herciniana. Tanto las cordilleras paleozoicas como las secundarias fueron producidas, según esto, por una fuerza plegante que actuó de SE. a NO. Los pretendidos empujes alpinos de N. a S. hubieran producido, entre otros efectos, el de borrar la orografía herciniana, sustituyéndola por otra cuyo elemento morfológico más característico sería la cordillera doblada en arco con la concavidad vuelta hacia el punto de donde actuó la fuerza orogénica, es decir, hacia el N. Nada análogo se observa en Asturias, donde todas las cadenas se orientan y agrupan de un modo muy diverso, como se ha puesto de relieve en el capítulo de este trabajo consagrado a la orografía.

Creemos, por todas las razones alegadas, que el conjunto de arrastres y plegaduras admitidos por Termier no ha podido engendrar el actual relieve orográfico del país de que se habla.

Se podría intentar esclarecer la estructura de la región cántabro-asturica por medio de arrastres, cobijaduras y plegamientos producidos por fuerzas orogénicas que actuaron de SE. a NO. Las acciones mecánicas de esta dirección son, sin disputa, las únicas adecuadas para originar algunos de los caracteres tectónicos más notables del país, entre ellos los siguientes: las bandas arqueadas que forman los terrenos; la repetición, dentro de cada uno de éstos, de ciertos horizontes estratigráficos; las curvas concéntricas que describen las cordilleras que integran el macizo, etc. El escalonamiento de los terrenos (en el orden ya dicho), atribuido por nosotros a un retroceso gradual del mar hacia el SE., no tiene, en cambio, posible explicación dentro de aquella hipótesis; puesto que dicha disposición ha tenido que ser producida de una de estas dos maneras: o admitiendo que cada uno de los terrenos fué arrastrado inmediatamente después de su depósito y que cuanto más antiguos, tanto más al O. fueron empujados, o bien que toda la serie estratigráfica fué transportada en masa, y que su actual escalonamiento es consecuencia de los plegamientos y denudaciones posteriores a que estuvo sometida. Ni una ni otra hipótesis nos parecen de posible realización. La primera exigiría una sucesión regular de los fenómenos de sedimentación y arrastre que contrasta con la naturaleza de las revoluciones tectónicas caracterizadas por efectos de cobijadura, las cuales, lejos de dejar los terrenos en su posición estratigráfica original, los superponen, generalmente, en la forma más caprichosa. El arrastre en masa de toda la serie estratigráfica, sin alterarse el orden de sobreposición normal de los terrenos, no parece tampoco posible; porque puesto en movimiento un tan enorme paquete de estratos, es lo más verosí-

mil que haya sufrido dislocaciones, y que algunos grupos petrográficos, sobre todo los más superficiales, avanzaron más que los subyacentes, lo que tendría por resultado que las formaciones asomarían en orden distinto (más bien inverso) del en que hoy se observan.

No es necesario advertir que, en la hipótesis de que se habla, los esfuerzos han debido proceder de la parte de la Península donde, según todas las probabilidades, persistió un régimen de sedimentación tranquila durante la mayor parte de los tiempos geológicos, lo cual no concuerda en modo alguno con la existencia de hondas perturbaciones orogénicas en la misma región.

Consideramos, en suma, por todas las razones alegadas, a las montañas cántabro-astúricas como de naturaleza esencialmente autóctona. Sujetas, sin embargo, en diversas épocas a intensos estrujamientos, han sido fracturadas, tanto al hilo de los bancos como en sentido perpendicular a ellos, en algunos puntos, y, en otros, ciertos paquetes de estratos resbalaron sobre los que les servían de yacente, como los naipes de una baraja (empleando un símil debido a Novo y F. Chicharro) (46). Estos últimos movimientos, de carácter más o menos local, han producido, cuando las condiciones fueron favorables, las zonas miloníticas de caliza y cuarcita, tan numerosas y diversamente orientadas. Dichos deslizamientos también ocasionaron cobijaduras, aunque éstas, a nuestro juicio, no alcanzaron nunca grandes extensiones. Las fracturas longitudinales han determinado asimismo movimientos relativos verticales de los dos trozos en que fueron divididos los terrenos, originando esto, a lo largo de las fracturas, numerosos contactos anormales, como los de la cuarcita siluriana y la caliza carbonífera con el hullero representados en el corte de la costa de Nueva a Peña Santa y en algunos otros incluidos en esta memoria.

BREVE HISTORIA GEOLÓGICA DE LA REGIÓN

Los principales movimientos orogénicos a que ha estado sujeta sucesivamente la región cántabro-astúrica, pueden ser reconocidos merced a la favorable circunstancia de haber dejado impresa su huella, cada uno de ellos, en terrenos que, desde la época de su primera emersión, no han vuelto a ser cubiertos por las aguas del mar. El más antiguo de todos afectó, singularmente, a las formaciones arcaicas de Galicia, las cuales, desde los remotos tiempos precambrianos, parecen haber formado una tierra emergida. El primero que expresó esta idea fué Macpherson, quien la apoya en los siguientes hechos, apreciados por él en las pizarras cambrianas de Galicia y Asturias (47): «En estas pizarras se observa con frecuencia suma que el grano fino del sedimento aumenta de tamaño, y en algunos sitios están llenas de trocitos de filadíos y otras rocas pasan a constituir verdaderas grauvackas.

»Aumenta el grano de sedimento en tamaño, y siempre en las cercanías de los macizos cristalinos llegan a constituir verdaderos conglomerados, a veces de muy gruesos elementos.

»No creo sea necesario recordar que la presencia de conglomerados en una formación proclama con clara evidencia la existencia en la proximidad de tierras emergidas, de donde bien por el batir de las olas o por la labor de las aguas meteóricas arrastradas por arroyos y torrentes, iban esos gruesos elementos a depositarse a cierta distancia de la necesaria costa.

»Obsérvese, además, que en otros conglomerados se encuentran los destrozos de las idénticas rocas cristalinas sobre que reposan estos lechos cambrianos, indicando todo ello que, al iniciarse el remoto período cambriano en nuestra Península, existían ya en ella tierras emergidas formadas por idénticas rocas cristalinas que hoy observamos y que pueden considerar-

se como los verdaderos núcleos de lo que iba a ser la Península Ibérica. De la extensión que esas tierras ocupaban en aquella época, es difícil el poder juzgar hoy día; sin embargo, hechos hay que permiten en cierta manera reconstruir el primitivo estado.»

Hernández-Pacheco no admite los pliegues precambrianos, pero cree probable (lo que implica cierta contradicción) la existencia de tierras emergidas al iniciarse el paleozoico, porque, a juicio de él (48), «el cambriano... comienza en Sierra Morena por una potente serie de conglomerados que constituyen excelente indicio de la existencia de una costa cuando se formaron.» También Hernández Sampayo (49) critica las razones en que funda Macpherson su opinión, no obstante lo cual añade: «Movimientos anteriores (al hercíniano) son evidentes, puesto que son neríticos muchos de los sedimentos reconocidos, pero en realidad no están acusados esos movimientos ni por discordancias ni por transgresiones de pudingas; no negamos a los movimientos precambrianos en nuestra zona, pero si sostengamos la crítica de que no son tan sencillos y demostrables como los admite el Sr. Macpherson tomándolos como fundamentales, y en cuyas ideas le siguen todos los demás Geólogos.»

Para nosotros, el hecho decisivo, en lo que a este punto respecta, se halla en el escalonamiento (tantas veces mencionado) de los terrenos del NO. de España, el cual fué necesariamente motivado por la gradual retirada hacia el SE. de la orilla del mar en que aquéllos se depositaron; retroceso que, a su vez, tuvo por causa inmediata las emersiones producidas por las sucesivas revoluciones tectónicas. La dirección de los pliegues precambrianos no fué, empero, la NE.-SO. supuesta por Macpherson, sino la acusada por la forma del macizo arcaico gallego y la de las fajas de materiales cambrianos que incluye, las cuales describen arcos elípticos de idéntica forma.

a los que dibujan las cordilleras modernas de la región, es decir, que los pliegues, como las cordilleras, se inicien en la costa cantábrica con dirección SO., se doblan después al S., y, por fin, se arrumban en la provincia de León al SE.

El arco de igual forma descrito por los estratos paleozoicos del O. de Asturias fué claramente percibido por Macpherson, quien lo atribuye a lo que él denomina «recurrencia de pliegues» (concepto equivalente al de pliegues póstumos). Para este Geólogo, como ya se ha dicho, los pliegues hercianos de dirección NO., al chocar con el macizo gallego, sufrieron una inflexión para ajustarse al rumbo NE. de los pliegues precambrianos. Para nosotros, el fenómeno de la recurrencia de pliegues es mucho más general de lo admitido por Macpherson, porque la forma curvilínea de los pliegues precambrianos reaparece después, más o menos claramente, como luego se verá, en todas las dislocaciones posteriores, singularmente en las hercianas y alpinas, las cuales, o son concéntricas con las precambrianas, o se superponen a ellas; lo que revela un cierto grado de dependencia entre todas ellas debido, no sólo a la circunstancia de haber actuado la fuerza tectónica en la región cántabro-astúrica siempre en el mismo sentido (y no en direcciones diversas, como han creído Barrois y otros Geólogos), sino también porque cada fase orogénica crea en una zona próxima a la plegada, y concéntrica con ella, una acentuada «predisposición» a deformarse. Los hechos han podido derivarse unos de otros del siguiente modo:

Los efectos tectónicos y morfológicos producidos por el movimiento orogénico precambriano han consistido, principalmente, en la formación de una depresión (que fué inmediatamente ocupada por el mar), rodeada de una cadena de montañas más o menos elevadas. El pliegue que dió origen al arco montañoso y el de sentido inverso que engendró la depresión, son partes integrantes de una misma ondulación de la corteza

terrestre, y, en cierto grado, son solidarios uno de otro, porque el primero no puede ser deformado en sentido positivo sin que el segundo se deforme a su vez en sentido negativo. Pero el proceso endógeno que produjo los efectos morfológicos citados modificó también de un modo muy sensible las condiciones de la dinámica externa, porque creó grandes desniveles y «excitó», como consecuencia de ello, las fuerzas exógenas, determinando una abundante sedimentación en la cuenca marina recién constituida. La persistencia de la sedimentación mecánica y la variedad de rocas que por este medio se formaron, demuestran que el fenómeno orogénico fué de prolongada duración, y que el arco montañoso se elevó por grados sucesivos, lo que ha debido ocasionar el correlativo descenso del fondo de la depresión marina próxima. De este modo se constituyó un geosinclinal, cuyo modo de formación describe J. D. Dana (50) en estos términos: «Se ahonda gradualmente, durante una larga era, una región muy extensa, pero sin descender mucho por bajo del nivel del mar; y, simultáneamente, en igual o muy análogo grado, se depositan en ella sedimentos, formándose así un gran espesor de materiales destinados a integrar la futura montaña.» Esta primera fase orogénica produjo, además, en la zona del geosinclinal próximo al arco montañoso, efectos mecánicos de capital importancia para la futura historia geológica de la región, porque de ellos depende el sentido en que se propagará el proceso orogénico y la forma y dirección de los nuevos pliegues. Dichos efectos consisten en lo siguiente: la contracción que origina el pliegue, y que en ocasiones ha determinado la reducción del ancho original de la faja de corteza plegada al 10 por 100, ha hecho que una zona próxima al arco montañoso, concéntrica con éste y de la misma forma que él, haya estado sujeta a fuertes tensiones, que la han estirado y fracturado, alcanzando estos efectos a la profundidad en que residen las fuerzas tectónicas. Esta zona

débil será la más propensa a plegarse en la primera fase de actividad orogénica.

Producidos los efectos mencionados (en los cuales se concretan las relaciones entre el proceso orogénico, de origen endógeno, y los fenómenos exógenos del geosinclinal) la fuerza plegante adquirió, en un determinado momento de la historia geológica del país, la intensidad suficiente para deformar la zona débil, iniciándose entonces una segunda fase orogénica, la cual produjo necesariamente pliegues de marcado carácter póstumo con relación a los de la precedente.

Cuándo ocurrió este segundo movimiento orogénico en la región cántabro-asturiana, no puede decirse con certeza. Opinan la mayor parte de los Geólogos que tuvo lugar entre el período carbonífero medio y el superior; pero, para nosotros, es muy probable que, antes del carbonífero, el suelo de la región ha estado sujeto a nuevas perturbaciones, a las cuales se debe, entre otros efectos, el escalonamiento de los terrenos cambriano, siluriano y devoniano. Lo que está fuera de toda duda es que al iniciarse el hullero medio hubo emersión de tierras nuevas, o una vigorosa renovación del relieve de las ya emergidas, hacia el O. de Asturias; hecho patentizado por el depósito del banco de conglomerado (en algunas localidades de más de un kilómetro de grueso) que se halla en la base de dicho terreno. El conglomerado está constituido casi exclusivamente por guijarros cuarzosos, siendo muy raros los de caliza, lo cual prueba que la actividad orogénica de esta época geológica no extendió su acción al área ocupada por la caliza carbonífera, o al menos, no fué lo bastante poderosa para hacer asomar con notable relieve a esta roca. Este movimiento creemos que debe ser incluido en el grupo de los llamados hercinianos.

Fundándose en la disposición transgresiva del terreno hullero de Tineo, y en su discordancia con el siluriano sobre

que descansa, coloca Barrois, y con él la mayor parte de los Geólogos posteriores, el plegamiento herciniano del NO. de España entre el hullero medio y el superior. Acaban de ser apuntadas las razones que hay para admitir un movimiento herciniano anterior al supuesto por aquel Geólogo. Además de esto, la discordancia entre el carbonífero superior y el siluriano no es tan general como se cree. Schulz escribe, refiriéndose al terreno hullero del O. de Asturias, lo siguiente (51): «Por encima, o en la pendiente de este terreno, se encuentra en la villa de Tineo la pizarra general siluriana, al parecer del todo paralela y concordante a rumbo y echado, y esta pizarra antigua, por partes cloritosa y aun micácea, sigue así en su posición general hasta algunas leguas de distancia.» Nosotros hemos apreciado disposición análoga en varios puntos del concejo de Cangas. La existencia de guijarros de caliza y otras rocas hulleras en el conglomerado de Tineo, afirmada por Barrois (52), no hemos podido comprobarla en nuestras muchas visitas a aquella localidad, pareciéndonos más bien que, petrográficamente, dicho conglomerado no difiere esencialmente del de la cuenca central de Asturias. Debe recordarse también que, según Mallada (53), de las 53 especies vegetales fósiles recogidas en esta última cuenca, cuatro corresponden al hullero inferior; 14 son de las que suelen hallarse en este tramo y en el medio y las 35 restantes son de las que más claramente determinan a este último. Podría ocurrir, por tanto, que investigaciones más completas probaran la existencia del hullero superior en la cuenca central o la del hullero medio en Tineo, en cuyo caso la traslación del área de depósito hacia el O., después del período hullero medio, y el movimiento orogénico que la produjo, no podrían ser admitidos. En todo caso, y por las razones dichas, son innegables los movimientos hercinianos en la región cántabro-asturiana, los cuales han producido pliegues y fracturas paralelos a los debidos a la fase

orogénica anterior. La orilla del geosinclinal retrocedió, como consecuencia de ellos, hasta cerca de donde hoy se levanta la cordillera formada por las sierras de Brañosera, Redondo y Peña Sagra.

Al iniciarse los tiempos mesozoicos se reanudó la actividad orogénica en el suelo cántabro-asturiano, una parte del cual estuvo sin duda sujeto a intensas deformaciones. Un efecto de esta nueva fase tectónica fué acentuar la discordancia, en cuanto al echado, de los terrenos carbonífero y triásico, ya iniciada por los movimientos hercianos, desacuerdo observado en muchos puntos de las provincias de Palencia, Santander y Asturias, aunque en otros, como hace notar Termier, hay paralelismo perfecto entre los estratos de uno y otro terreno. El grueso tramo de pudinga, alternante con arenisca, que se encuentra en el trías de las dos primeras provincias antes nombradas, es sin duda el resultado del recrudescimiento de la acción erosiva provocada por estos movimientos orogénicos. Este conjunto de sedimentos, que forman hoy las cumbres de altas y frágiles montañas, puede compararse, por su espesor y la naturaleza petrográfica del elemento clástico, al banco de conglomerados sobre que descansa el hulla medio. Los cañones rodados que integran la pudinga roja del trías son exclusivamente cuarzosos; al menos nosotros, en nuestras repetidas excursiones por las montañas de Palencia y Santander, no hemos apreciado otra clase de rocas. Esto parece probar que el movimiento a que se hace referencia, como el anterior, no hizo asomar a la superficie la caliza que constituye el horizonte más bajo del sistema carbonífero, la cual, de haber formado tierras elevadas no excesivamente apartadas del área de sedimentación, habría proporcionado elementos calcáreos al conglomerado. Las cordilleras producidas por este movimiento se hallaban, por tanto, hacia el O., en la región siluriana, que es de donde parecen proceder los cañones rodados de la pudinga

triásica. El país carbonífero, aunque ya emergido, constituiría una tierra desprovista de grandes relieves.

Es seguro que en el transcurso de la era mesozoica ha habido otras fases tectónicas, como la acusada por los conglomerados cuarzosos del lias, que se observan en las cimas de la mayor parte de las lomas constituidas por rocas de aquella edad geológica en los términos de Sariego, Villaviciosa y Gijón. La arenisca cretácea de las provincias de Palencia y Burgos contiene casi siempre cantos sueltos de cuarzo, y ciertos lechos se cargan de tal modo de ellos que se truecan en verdaderas pudingas. Estas variaciones del régimen de la sedimentación han podido ser producidas por pequeñas revoluciones tectónicas.

El período orogénico más moderno de la historia de la tierra, el denominado alpino, dejó huellas muy profundas en el territorio cántabro-asturiano. Los movimientos de esta época se extendieron considerablemente hacia el SE., invadiendo rápidamente el geosinclinal y haciendo emerger su fondo hasta reducir la extensa ensenada de los tiempos mesozoicos al actual golfo de Valencia. A estos intensos movimientos deben su actual relieve las cordilleras en arco, constituidas principalmente por caliza dinantense y cuarcita, del centro y Oriente de Asturias (ya esbozadas en la fase orogénica anterior), algunas de las cuales se prolongan orográficamente, tanto por el N. como por el S., a través de los terrenos secundarios (Puertos de Agüeria-Sobia; Sierra del Brezo-Mampodre-Retriñón-Peña Mayor-Sueve; Peña Espigüete-cordal de Arcenorio-Picos de Europa; etc.). El mismo proceso dinámico originó las elevadas montañas, formadas sobre todo por rocas triásicas, de las provincias de Palencia y Santander (Brañosera-Sierra de Redondo-Peña Labra-Peña Sagra-Escudo de Cabuérniga). A los efectos enumerados, que dieron al relieve del país sus rasgos más vigorosos, se suman otros de

no menor interés y también de suma importancia fisiográfica. Las presiones orogénicas alpinas no se limitaron a hacer surgir del geosinclinal secundario nuevas cadenas montañosas y a acentuar las ya iniciadas por la fase tectónica precedente, sino que, además, su influencia se dejó sentir en las tierras emergidas desde los tiempos precambrianos y paleozoicos (Asturias occidental y Galicia), ya probablemente reducidas a una extensa peniplanicie por la denudación mesozoica, renovando su relieve y dándoles la riqueza morfológica que hoy ostentan. Los pliegues y fracturas alpinas describen arcos de igual forma que los precambrianos y hercinianos, notándose, como única diferencia, que son tanto más cerrados cuanto más a Levante se hallan. En el Occidente de Asturias y en las provincias gallegas los movimientos modernos se han limitado, en general, a acentuar los pliegues y fracturas antiguos, aunque hay localidades, como las montañas próximas a Cerredo, donde el cruce de dislocaciones de distinta edad geológica es evidente. La reapertura de las fracturas precambrianas por las fuerzas orogénicas alpinas dió lugar en la costa a profundas y largas abras que hoy se hallan ocupadas por el mar. Esta génesis de la orografía de Galicia y de sus célebres «rías» nos parece más plausible que la admitida por los Geólogos que hasta ahora han expresado sus opiniones sobre tan interesante punto.

Claro está que en todo lo dicho nos hemos referido a las partes de Galicia en que se elevan cordilleras concéntricas con las de Asturias (la más occidental de las cuales termina, como ya se ha dicho, en la punta de la Estaca de Vares) y no al resto de la región, donde las líneas de relieve se orientan de muy diversos modos (siendo paralelas a la Cordillera Bética, la falla del Guadalquivir y la Cordillera Central), cuya orografía y tectónica son el producto de influencias que no analizamos por salirse de los límites del presente trabajo.

Infiérese de lo dicho que los terrenos arcaicos y paleozoicos de Galicia y Asturias, ya emergidos en los períodos geológicos más antiguos, lejos de constituir en lo sucesivo, como admite Suess y otros Geólogos, una masa resistente indeformable, fueron plegados de nuevo por las fuerzas orogénicas alpinas, y probablemente también por las hercinianas. Este hecho acaso sea, en la Península Ibérica, mucho más general de lo que hasta ahora se ha creído. En lo que a esto concierne, es oportuno recordar lo dicho por P. Choffat respecto a Portugal (54): «Era de esperar que los accidentes de la meseta no afectasen a la orilla mesozoica, puesto que la meseta debería haberse opuesto, como un bloque resistente, a las presiones que actuasen sobre su contorno. Esta opinión parece tanto más fundada cuanto que es cierto que, al N. del Tajo, el límite entre las dos regiones está caracterizado por dislocaciones que siguen una dirección N-S. A pesar de todo, se ve que el principal macizo montañoso del borde mesozoico forma la continuación del sistema castellano-lusitano.

Podría admitirse como una simple coincidencia resultante del hundimiento de la cuenca del Tajo; pero vemos que otra cuenca de hundimiento (areniscas de Busaco), situada al N. de la Sierra de la Estrella, penetra en el borde mesozoico, lo que parece indicar un origen común para la sierra de ambas regiones.»

La historia geológica de la región cántabro-asturiana, tal como nosotros la concebimos y se halla representada esquemáticamente en la figura 21, concuerda en sus rasgos primordiales con la historia de otros grandes macizos montañosos de Europa, Asia y América. Los Alpes, a juicio de Argand (55), no son el producto exclusivo de la fase orogénica terciaria, sino el resultado de un proceso iniciado en épocas geológicas muy antiguas (para ciertas zonas en el hullero medio) y proseguido sin interrupción hasta los tiempos actuales, no habiendo

solución de continuidad entre el plegamiento hercíniano y el plegamiento alpino. La porción de Europa que en los tiempos jurásicos rodeaba el mar en que se formaron dichas montañas, y que hizo el papel de obstáculo resistente, tenía la forma de un extenso seno en cuyos extremos se hallaban dos promontorios que se opusieron al avance prematuro hacia el N. del sistema de cordilleras paralelas que, después del barremiense, hizo su aparición a la entrada del golfo. La progresión hacia el N. de dichas cordilleras fué continua, acelerándose particularmente en ciertos momentos del cretáceo y triásico; debiéndose principalmente a estos «paroxismos» el relieve alcanzado, en las respectivas épocas, por la cadena alpinocarpática, sin que aquellas fases dinámicas hayan diferido esencialmente del resto del proceso. Las cordilleras y hojas de ellas derivadas, en su avance hacia las tierras ya emergidas, plegaron, además, los sedimentos depositados entre ellas y el continente, formándose de este modo las cadenas marginales alpinas, constituidas todas por rocas terciarias. El seno quedó completamente colmado, en el O. durante el oligoceno, y en el E. durante el neogeno. La configuración del obstáculo ha determinado, a juicio de Argand, la forma de las cordilleras, su amplitud, su localización, etc. A una conclusión análoga, en cuanto al sentido en que se propagó el movimiento, llega Stille en su estudio titulado *Zonare Wandern der Gebirgsbildung* (1909).

Según este proceso, el sistema alpino se desarrolló por el lado convexo de los arcos, mientras que las montañas cántabro-astúricas se ensancharon, como ya se ha dicho, por adición de cordilleras por el lado cóncavo. Muchas de éstas no quedaron adosadas inmediatamente a las tierras occidentales ya emergidas, sino que entre unas y otras hubo hondos surcos ocupados por el mar, en los cuales se depositaron estratos que fueron plegados posteriormente. Así, probablemente, se formaron las fajas silurianas que se intercalan en el cambriano.

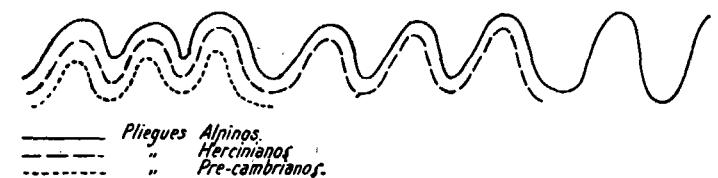


Fig. 21. — Esquema de los principales plegamientos del país cántabro-astúrico.

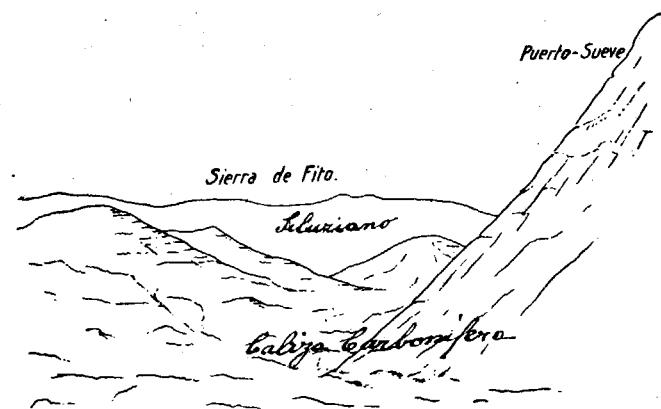


Fig. 22. — Croquis del Puerto Sueve.



Fig. 23. — Diagrama de las líneas directrices del sistema alpino, según Suess (modificado).

del O. de Asturias. También algunos de los elevados arcos montañosos del E. de Asturias han podido iniciarse en el paleozoico bajo forma de «pliegues precursores», los cuales fueron como un esbozo de las futuras líneas de relieve; hecho demostrado por la discordancia angular entre los estratos paleozoicos y los mesozoicos y terciarios de la región.

El desacuerdo consignado desaparece, en parte, si se compara el modo de formación de las montañas cántabro-astúricas con el conjunto del proceso orogénico del centro y N. de Europa, porque la cordillera caledoniana se elevó en Irlanda, Escocia y Noruega, la herciniana se formó al S. de aquélla, y, por fin, las modernas cadenas alpinas ocupan la situación más meridional.

La serie de fenómenos ocurridos en el geosinclinal cántabro-astúrico parece haber sido, en el caso más general, *sedimentación-plegamiento-denudación-nuevo plegamiento*; formando, por tanto, esta serie un ciclo incompleto, pues falta en ella el descenso y sumersión de la zona ya plegada, como ha sucedido, según Stille, en otras regiones (56). Ha habido, con todo, descensos locales muy importantes, de los cuales merece ser citado el ocurrido en el puerto de Sueve, macizo que, al E. de la cumbre nombrada La Govieta, está bruscamente cortado por una fractura o falla, sobre cuya inclinada superficie se deslizó el segmento más oriental de la montaña; hallándose hoy la caliza de esta parte desgajada formando las estribaciones más bajas de la vertiente septentrional de la sierra devoniana del Fito, la cual, a pesar de estar íntimamente unida al Sueve, del que en cierto modo es la base, no fué afectada por dicha falla (fig. 22). La llanura de la costa de Ribadesella y Llanes, caracterizada por sus estratos paleozoicos de echado rápido, los cuales son los mismos que más al SO. forman elevadas cordilleras, acaso deba su origen a desgajes de la índole del mencionado.

RELACIONES DE LAS MONTAÑAS CÁNTABRO-ASTÚRICAS CON LOS SISTEMAS OROGRÁFICOS PRÓXIMOS

El estudio de las relaciones geológicas de las montañas cántabro-astúricas con las unidades orográficas próximas ofrece el particular interés de permitir fijar la posición que aquéllas ocupan, tanto en la orografía de la Península Ibérica como dentro del sistema alpino, al cual pertenecen, indudablemente, la mayor parte de las cordilleras españolas. En la rápida exposición que sigue vamos a limitarnos a investigar, en la medida que los datos que poseemos lo permitan, las relaciones morfológicas y tectónicas del expresado grupo montañoso con los Pirineos y el sistema ibérico.

La configuración del país cántabro-astúrico fué engendrada, como ya hemos hecho notar repetidas veces, por una contracción del suelo que produjo un apretado haz de pliegues curvos, los cuales empiezan en la orilla N. de la meseta ibérica y terminan en la costa del golfo de Vizcaya; debiendo, por tanto, ser buscadas las conexiones de las montañas de dicho país con los sistemas orográficos próximos en la prolongación hacia el NE. de las ramas septentrionales de los pliegues y en la continuación SE. de las porciones meridionales de los mismos.

Hemos dicho también que el relieve de las cordilleras a que dió lugar el haz de pliegues decrece gradualmente a medida que aquéllas avanzan hacia el SE., hasta perder totalmente su carácter de montañas al llegar a la planicie castellana. Estando constituida ésta por extensas parameras formadas por estratos miocenos horizontales, en las cuales se abren amplios y poco profundos valles cubiertos por mantos cuaternarios, no parece verosímil que los pliegues alpinos (de edad postnuníltica) se prolonguen hacia el S. más allá de donde hoy

terminan las montañas; y en cuanto a las ondulaciones debidas a procesos orogénicos más antiguos, las cuales penetraron, según todas las probabilidades, en el área ocupada por la meseta, sujetas durante largos períodos geológicos a la acción de las fuerzas exógenas, fueron al fin totalmente destruidas, sin que posteriores movimientos del suelo las hayan renovado.

Lo dicho tiene sobre todo aplicación a las ramas orográficas que forman las montañas de la mayor parte de la provincia de León. Más al E. las cordilleras (con suma claridad una de ellas) se prolongan, casi sin solución de continuidad, a través de la parte N. de las provincias de Palencia y Burgos, dando lugar, por la longitud que alcanzan estas prolongaciones y la altura de algunos de sus elementos, al grupo denominado Sistema Ibérico. La porción NO. de esta unidad orográfica (integrada por El Cadáramento, Peña de Amaya, Páramo de La Lora, etc.), tiene reducida altura (poco más de 1.000 metros), y sus cumbres más importantes están formadas por estratos de calizas secundarias poco inclinados, disposición que origina formas análogas a las que caracterizan el relieve de la meseta; por lo cual, a algunas de aquellas elevaciones se les da el nombre de «páramos», denominación que, más al N., donde el plegamiento fué muy intenso, desaparece casi por completo. Estos hechos indican que en la parte del sistema ibérico de que hablamos, la contracción alpina no fué lo bastante fuerte para dar lugar a montañas plegadas bien caracterizadas. Más al SE., en los macizos de La Demanda, Urbión y Moncayo, la gran altura alcanzada por estas sierras, así como el estar formada la primera de las nombradas por rocas paleozoicas, y la falta en ella de algunos de los terrenos antiguos o de niveles estratigráficos muy importantes de éstos, son hechos demostrativos de un funcionamiento mucho más energético y de la repetición del proceso orogénico en diversas épocas geológicas. Una de las pruebas de los plegamientos

antiguos de la región es la posición geológica del terreno carbonífero de Pineda de la Sierra (formado principalmente por pudingas, areniscas y psammitas), el cual se apoya directamente sobre las pizarras silurianas de la Sierra de la Demanda. La repetición de los movimientos orogénicos dió además a esta parte del sistema ibérico una complicación orográfica mucho mayor que la que tiene su extremidad NO.

Las razones que tenemos para no considerar a Peña Labra como el punto de conjunción de las montañas de la orilla del Golfo de Gascuña con la Cordillera Ibérica, han sido expuestas en anteriores páginas.

Las relaciones geológicas del macizo cántabro-asturiano con los Pirineos distan mucho de ser tan claras como han supuesto algunos autores. Ya los primeros Geólogos que estudiaron a Asturias advirtieron que el suelo de esta provincia tiene dislocaciones mucho más complejas que las de la región en que se alza la elevada cordillera que separa a España de Francia. Du-rocher dice (57) que «la gran cadena de los Pirineos, cuya orientación general está perfectamente definida por una línea que uniese al Cabo de Creus con la punta de Higuer, experimenta en las provincias vascas una ligera desviación que la aproxima sensiblemente a la dirección EO., pero que, avanzando hacia Galicia, el relieve del suelo presenta *grandes cambios casi perpendiculares*». No obstante esta marcada diferencia, muchos Geólogos consideran a las montañas cántabro-asturianas como la prolongación occidental del Pirineo.

Barrois concluye (58), basándose en sus observaciones, que los principales movimientos orogénicos que deformaron el suelo de Asturias son idénticos a los que afectaron a los Pirineos; pero si aquella identidad fuera cierta, los dos grupos de montañas tendrían necesariamente los mismos caracteres tectónicos y morfológicos, y los estratos y cordilleras de Asturias, como los de los Pirineos, se hallarían en general orientados

del E. hacia el O., para lo cual hubiera sido menester que la presión orogénica alpina, que actuó, según Barrois, en la dirección del meridiano, hubiera borrado totalmente los efectos orográficos de la fuerza herciana, la cual obró, según el mismo Geólogo, en el sentido del paralelo. Ya se ha dicho que los hechos no corroboran esta suposición, no permitiendo, por tanto, las dos presiones perpendiculares de Barrois, fijar de un modo preciso las relaciones tectónicas de los Pirineos con las montañas cántabro-asturianas.

Th. Fischer (59) también considera a estas últimas como producto de los fenómenos orogénicos que dieron su elevación a los Pirineos, puesto que incluye a ambos sistemas orográficos en la zona que él denomina «región plegada cántabro-pirenaica». Separa de ésta, en cambio, a las montañas gallegas, por estimarlas parte integrante de la meseta ibérica.

Algunos Geólogos modernos continúan manteniendo el citado punto de vista, y dan a las montañas a que nos estamos refiriendo el nombre de Pirineos Cantábricos. Ya hemos dicho que Termier (60) aprecia en Asturias dos cadenas de montañas que se cruzan: la herciana y la pirenaica. Esta última la juzga formada por un grupo de pliegues orientados al E. o al ESE. La cadena pirenaica se prolonga, según dicho Geólogo, «por las provincias de Santander y Palencia, siempre dirigida al E. o al ESE.; ella es la que produce el aspecto plegado de las cordilleras próximas a la costa, entre Ribadesella y Santander, y la aparición en anticlinal, en Las Caldas, en el valle de Besaya, de la caliza carbonífera; más lejos, hacia el E., dicha cadena se prolonga todavía en la región cretácea y se la sigue, a través de las provincias vascas, hasta los Pirineos».

Mengaud (61) parece aceptar la opinión de Penck, de que luego se hablará, puesto que estima que la región cantábrica forma parte del borde O. del geosinclinal del Ebro, cuyas vicisitudes ha seguido; pero añade (coincidiendo en esto con

Termier) que «es menester enlazarla a los Pirineos por su tectónica, puesto que está afectada de pliegues de dirección y edad pirenaica y los arrastres postnumulíticos se patentizan en ella de un modo claro». La poca elevación alcanzada por la Cordillera Cantábrica en la depresión vasca la cree debida a que ésta constituye *une aire d'ennoyage*, donde los ejes de los pliegues pirenaicos descienden considerablemente, elevándose después a uno y otro lado de la expresada área para formar los Pirineos vascos y las montañas cantábricas.

Otros Geólogos sustentan, respecto al punto que se examina, una opinión distinta. A. Penck cree (62) que los Pirineos y las montañas cantábricas son fundamentalmente distintas, tanto por los materiales litológicos que las constituyen como por su estructura, puesto que las zonas de la vertiente S. de los Pirineos se prolongan a través del país vasco, y entran después, pasando al N. de las montañas cantábricas, en el Golfo de Gascuña. Reconoce, sin embargo, que una angosta banda de rocas pirenaicas penetra en Asturias y forma cordilleras que se hallan en contacto con las cadenas alpinas de dicha provincia. La prolongación tectónica de las montañas cántabro-astúricas entiende que debe buscarse en la Sierra de la Demanda, Urbión y Moncayo, macizos extraños al Pirineo, puesto que están separados de éste por la depresión del Ebro y forman el borde NE. de la meseta ibérica.

Para Macpherson (63) «la Cordillera Cantábrica, a primera vista, parece una prolongación del Pirineo, y, sin embargo, por sus elementos casi puede decirse que no tiene con él conexión alguna». Cree separados a los dos grupos orográficos por la zona montañosa de las provincias vascongadas, la cual representa, según él, «el punto donde se encontraba en el secundario el máximo de depresión del antiguo geosinclinal de aquella época, y que al verificarse el estrechamiento tangencial del final del cretáceo o comienzos del terciario, se plegó simultáneamen-

te con las dislocaciones que acentuaron el Pirineo, cuyos jalones principales existían ya desde remota época por un lado y las dislocaciones en cierta manera paralelas de la Cordillera Ibérica.»

Suess tampoco admite (64) que las montañas cántabro-astúricas sean la prolongación tectónica de los Pirineos.

Por fin, L. Adaro, como ya hemos visto (65), reconoce la existencia de pliegues pirenaicos (esto es, de pliegues alpinos de dirección EO.) en una gran parte del centro y E. de Asturias, pero niega que las montañas del O. de aquella provincia y las de Galicia puedan ser incluidas en el mismo sistema que las orientales, puesto que sus direcciones revelan claramente que fueron engendradas por movimientos mucho más antiguos.

He aquí nuestra opinión respecto a este debatido punto. Estando formado el macizo cántabro-astúrico por un haz de pliegues de directrices curvas, en el que los arrumbamientos EO. son meramente locales, la conjunción de dicho macizo con los Pirineos no debe buscarse en la prolongación hacia Levante de las pocas sierras que tienen aquella orientación, sino en la dirección con que entran en el Golfo de Vizcaya las ramas septentrionales de las cordilleras, las cuales, como hemos visto, al acercarse al mar se arrumban, en general, al NE. o al ENE. Ya Schulz hizo notar (66) que las fajas de calizas de la costa del carbonífero de Asturias, a pesar de ocupar sus estratos posiciones próximas a la vertical, «apenas se elevan 40 metros sobre el nivel del mar, siendo las mismas que más al OSO. forman parte de altas y ásperas montañas». Esta observación pone de relieve que la región ocupada actualmente por el mar estuvo sujeta, lo mismo que las tierras emergidas, a un intenso plegamiento, aunque dicha parte parece haber tenido acentuada propensión a hundirse y desaparecer bajo las aguas. Un caso típico de estos bruscos

descensos de estratos al aproximarse al mar Cantábrico, lo ofrece el Puerto de Sueve, el cual, como ya hemos dicho, está cortado por una falla que hizo bajar a un nivel insignificante la caliza carbonífera que forma dicho macizo. Estos hechos prueban la prolongación tectónica de las cordilleras de Asturias a través del Golfo de Vizcaya, aunque se ignora la dirección tomada por ellas después de ocultarse bajo las olas. La orientación EO. de las sierras del tercio oriental de aquella provincia puede ser indicio de una tendencia general de los estratos a adoptar, al perderse en el mar, la dirección del Pirineo, y entonces la conexión de este con las montañas cantábricas estaría constituida por los trozos de los arcos orográficos desaparecidos como consecuencia de la tendencia al hundimiento de que se acaba de hacer mención.

Si esta hipótesis resultara cierta, las montañas cántabro-astúricas serían la *porción subsistente del arco orográfico que establece el enlace entre la Cordillera Ibérica y los Pirineos*, sistemas que, considerados en conjunto, tienen alineaciones sensiblemente paralelas. La llamada «depresión vasca» sería el borde cóncavo, no desaparecido, de dicho arco, y a esta particular posición tectónica se debería la reducida elevación de sus montañas.

Asignando al macizo montañoso objeto de este estudio la expresada significación geológica, puede ser completado el esquema de las líneas directrices del sistema alpino trazado por Suess, en el cual los Pirineos aparecen como grupo independiente, del modo indicado en la figura 23.

Es curioso recordar que la Cordillera Central o Carpetana fué tenida por Mela, Plinio y otros Geógrafos de la antigüedad clásica (67) por la continuación SO. de los Pirineos. Puesto que la Cordillera Ibérica o *Idubeda* era el límite entre Iberia (la costa oriental) y Celtiberia (la meseta), aquellos autores creían, sin duda, que los Pirineos se unían por el

Norte del valle del Ebro con la *Idubeda*, y que de ésta se desprendía, en forma de rama o derivación, la Cordillera Carpetana.

HIDROGRAFIA DEL PAÍS CANTABRO-ASTÚRICO

Dos circunstancias principales contribuyen a que la red hidrográfica del país cántabro-astúrico sea excepcionalmente tupida de una parte, la abundancia de las precipitaciones atmosféricas, y de otra, lo variado del relieve. Las aguas de lluvia y las procedentes de la fusión de la gruesa capa de nieve que desde noviembre a mayo cubre las montañas que alcanzan alturas superiores a 1.500 metros, discurren primero por numerosos arroyos, y después se concentran en los ríos, en general poco caudalosos, que bañan los principales valles. Los manantiales más altos se hallan a 2.000 metros sobre el nivel del mar, sumiéndose muchos de ellos, sobre todo en los macizos de caliza carbonífera, poco después de brotar, para reaparecer a un nivel más bajo y originar arroyos de muy accentuada pendiente. A éstos se suman, en las montañas más altas, las corrientes de carácter más o menos permanente que, después del deshielo, nacen en las «cembas» o neveros que ocupan los hoyos de las umbrías. Los ríos de la vertiente cantábrica, como resultado de la proximidad al mar de las cimas en que nacen, franquean enormes desniveles en trayectos que sólo por excepción pasan de 100 kilómetros de longitud. Los de la vertiente castellana tienen pendientes mucho más moderadas, puesto que el límite de la zona montañosa, que es la orilla N. de la meseta ibérica, se halla próximamente a 800 metros de altura. Basta lo dicho para poner de relieve la importancia del trabajo erosivo realizado en

la región de que hablamos por las aguas fluviales. Este no fué, con todo, lo bastante enérgico para modificar la topografía en términos que los principales ríos hayan sido desviados de los cauces que les fueron impuestos por el relieve original. De éste depende hoy, en primer término, lo mismo que al finalizar la época orogénica alpina, la dispersión de las aguas superficiales, sobre todo si se prescinde de pequeños afluentes cuyos lechos fueron labrados en rocas blandas (pertenecientes generalmente al terreno hullero) por las fuerzas exógenas.

El macizo cántabro-asturiano está formado, como hemos visto, por un haz de cordilleras cuyas alineaciones curvas constituyen el rasgo orográfico más característico de la región. Dichas cordilleras no forman, como también se ha hecho notar, líneas de relieve sin solución de continuidad, sino que, antes al contrario, están cortadas en muchos puntos por valles y quebradas, los cuales (singularmente las últimas), por ser de origen tectónico, afectan a las partes más profundas de las montañas, y constituyen pasos situados a veces a 2.000 metros por bajo de las cumbres que se alzan a uno y a otro lado de ellas (como en el caso de la hoz del Cares). Admitir, como hacen algunos autores, que estos cañones fueron abiertos por las aguas que fluyen por ellos, es opinión que nos parece insostenible, porque no es verosímil que el río antes nombrado (y como él otros muchos que pudieran citarse) haya poseído, a los pocos kilómetros de su origen, teniendo necesariamente un caudal muy pequeño, energía suficiente para hender el enorme macizo de los Picos de Europa y abrirse un paso a través de él.

Las dos circunstancias morfológicas recordadas son las que determinan la marcha general de los ríos del país. Las aguas de la región elevada, después de reunirse en caudales de alguna consideración, toman la dirección de los valles comprendidos entre las cordilleras; pero si la más próxima al mar o a la

llanura castellana de las dos sierras que limitan un valle está cortada por una hoz, al llegar a este punto las aguas fluviales cambian de dirección, se precipitan por la garganta y entran en el valle paralelo al que antes seguían, por el cual marchan hasta que otra interrupción de la cordillera por cuyo pie corren las permita desviarse de nuevo en un sentido casi perpendicular. El resultado de esto es la forma «quebrada» de los cursos de los ríos, los cuales están constituidos, considerados en conjunto, de una serie de tramos longitudinales que alternan con otros transversales, dando la primera denominación a los trayectos paralelos a las cordilleras que integran el macizo y la segunda a las partes que son más o menos perpendiculares a aquéllas. El número de tramos de cada una de las dos categorías, y la longitud de los transversales con relación a los longitudinales, es muy variable de una corriente a otra, existiendo también ejemplos de ríos que se aproximan a los casos extremos, es decir, que están formados casi exclusivamente por secciones paralelas o por secciones perpendiculares a las cordilleras.

Con el fin de aclarar los conceptos emitidos y poner de realce la ley que rige la dispersión de las aguas superficiales de la región, vamos a describir sucintamente los cursos de varios ríos, pertenecientes unos a la vertiente cantábrica y otros al derrame meridional del macizo, escogiendo algunos de los que pueden ser considerados como normales, es decir, que están constituidos por las dos series de tramos de que hemos hablado, y otros que pertenecen a los casos extremos a que también se ha hecho referencia.

Los ríos más caudalosos del tercio oriental de Asturias son el Deva, Cares y Sella. El segundo de ellos nace en las montañas que rodean el minúsculo valle de Valdeón, reuniéndose los varios arroyos que descienden de ellas cerca de Posada, donde queda constituido el río. Atraviesa éste por una gran-

diosa hoz los Picos de Europa, corriendo casi de N. a S. hasta Arenas de Cabrales, donde, desviado bruscamente por la cordillera de Cuera, se dirige hacia el E. Cerca de Panes de Peñamellera se une al Deva, el cual también pasa a través de los Picos, casi paralelo al Cares, por la garganta de la Hermida. Mezcladas las aguas de los dos ríos corren aún hacia el E. hasta donde termina la cordillera antes nombrada, acodándose allí violentamente y dirigiéndose al N. para desaguar en el mar cerca de Unquera.

El curso del Sella es sensiblemente paralelo al del Cares. Nace aquel río cerca del puerto del Pontón, corriendo entre este y Arriondas en dirección N., y franqueando la prolongación occidental del macizo de Peña Santa por el desfiladero de los Beyos, comparable por su profundidad y angostura a la hoz del Cares. En Arriondas es desviado el Sella por las estribaciones meridionales de la serranía de Sueve, marchando entonces al NE. hasta verter sus aguas en el mar Cantábrico.

La mayor parte de los ríos de la mitad occidental de Asturias, a la inversa de los que acaban de mencionarse, pertenecen a la categoría de los formados casi exclusivamente por los que hemos nombrado tramos longitudinales. Este hecho ya fué observado por Schulz, quien escribe (68): «Digna de notarse es la circunstancia de que casi en toda la formación devoniana los ríos, riachuelos y arroyos corren paralelos con el rumbo general del terreno, o, mejor dicho, con sus diferentes fajas o zonas, lo cual no solamente se observa en la parte devoniana del río Narcea, en todo el Pigüeña, en el río de Salcedo, en el de Trubia y en otros menores que del S. afluyen al Nalón, sino también en los afluentes que recibe el Nalón por su derecha en Regueras y Candamo». A juicio de dicho Geólogo, este hecho «depende de los pliegues longitudinales que el terreno ha sufrido en su dislocación general». Como ejemplo de ríos de la clase de que hablamos puede ser citado el Navia,

el cual, con su afluente el Ibias, forma un arco muy abierto que se extiende desde la Collada de Cerredo (donde está el nacimiento del último río nombrado) hasta el mar. En su margen izquierda se levantan varias montañas sin clara conexión orográfica, orientadas todas paralelamente al río, y en su margen derecha, y describiendo una curva concéntrica con la que trazan las aguas en su marcha hacia el mar, la línea de relieve a que ya nos hemos referido, formada de S. a N. por las sierras de Degaña, Valdebueyes, Valvaler, Valledor, La Llorosa, Buseco y Rañadoiro. Aunque el Navia corre siempre por valles y pasos angostos, no parece poseer verdaderas hoces, es decir, brechas abiertas en sentido perpendicular a los estratos y serranías.

Los ríos constituidos principal o exclusivamente por secciones transversales a la estratificación son raros en Asturias, pudiendo acaso afirmarse que sólo el Nalón, el más caudaloso de todos, pertenece a dicha categoría. Desde su origen, que se encuentra en el Puerto de Tarna, corre este río al NO., cortando primero estratos carboníferos (entre ellos las fajas de caliza dinantense que forman las dos cordilleras de aquella roca que limitan por el E. y O. la cuenca hullera central), y entrando después en la formación devoniana, a la que atraviesa en todo su ancho. No marcha siempre perpendicular a la dirección de los pliegues, porque en algunos trayectos de pequeña longitud corre también al hilo de los bancos, citando de éstos Schulz (69) los siguientes: uno entre Las Caldas y Trubia, otro en Udrión, otro mayor al N. de Grado, seis en Candamo y otro (el mayor de todos) junto a Pravia. El predominio de las secciones transversales sobre las longitudinales es con todo evidente, y este río debe, sin duda alguna, ser considerado como uno de los casos límites de que antes hemos hablado.

Diremos algo, para terminar, de la distribución de las aguas

fluviales en la vertiente de la meseta, refiriéndonos exclusivamente a los ríos de León y Palencia. La mayor parte de éstos (Bernesga, Torio, Curueño, etc.) corren desde su origen transversalmente a las cordilleras, a las que franquean por hondas abras (hoces de Vegacervera, Nocedo, etc.), entrando después en la llanura castellana para dirigirse con suave pendiente al Duero. En sus cabeceras, sin embargo, suelen orientarse durante algunos kilómetros paralelamente a los estratos y sierras. Este carácter se encuentra también en casi todos los afluentes, los cuales tienen dirección NO.-SE. como las montañas que forman sus vertientes. Los valles longitudinales de la parte montañosa de las provincias nombradas se encuentran generalmente en la prolongación exacta de los correspondientes de la ladera de Asturias.

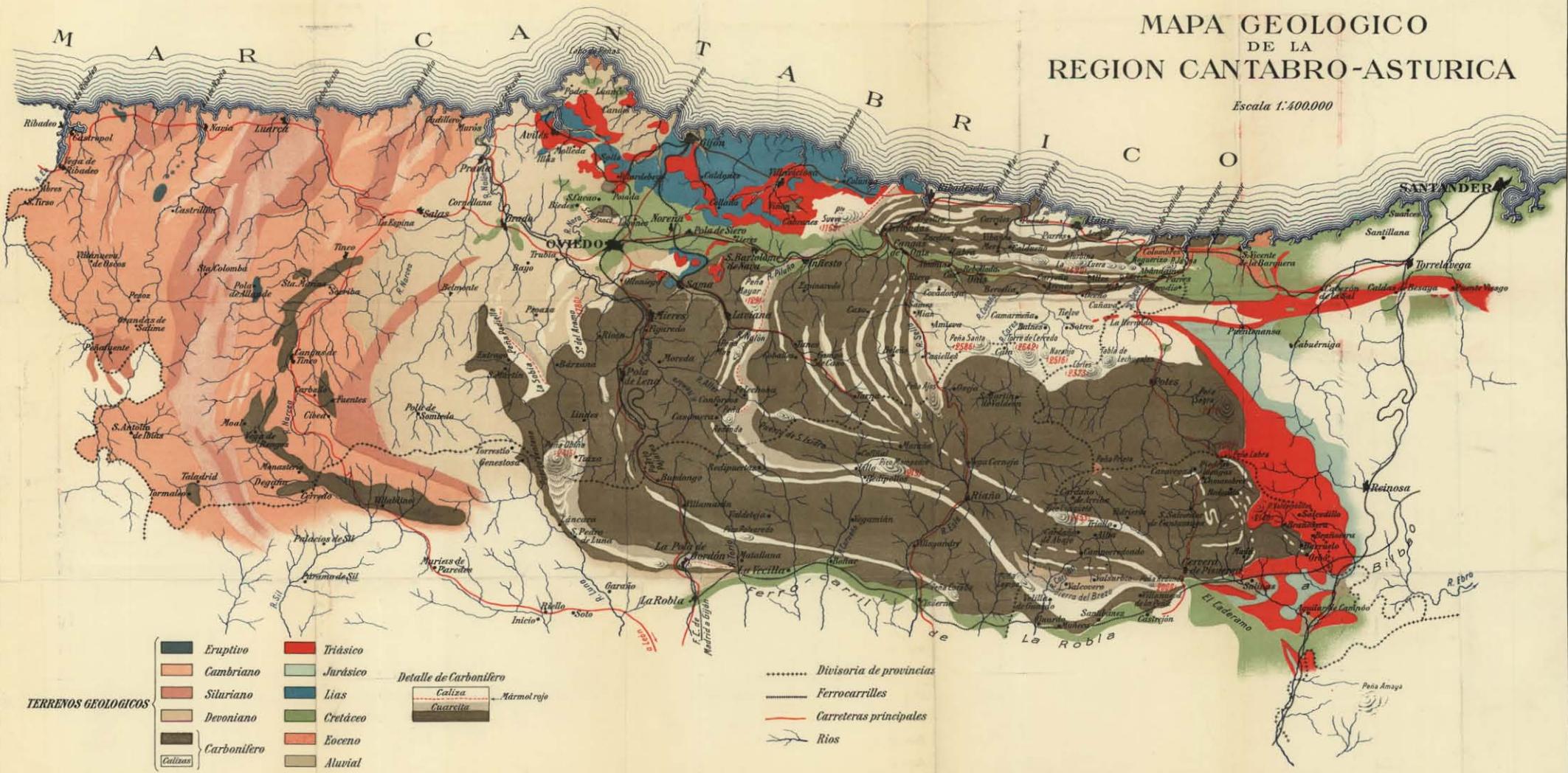
No faltan en el derrame castellano de las montañas cántabro-astúricas ríos cuyos cursos superiores tienen grandes tramos longitudinales, o están formados sólo por secciones de este género. Como ejemplo de los primeros citaremos el Pisuerga, el cual nace en la Cueva del Coble (en la base del grupo en que se yergue el Pico Tres Aguas), dirigiéndose después al S. hasta Cervera, donde se acoda violentamente para tomar la dirección SE., la que conserva hasta aguas abajo de Aguilar de Campoó. La sierra de caliza cretácea que se halla al S. de este tramo longitudinal está cortada al N. de Mave por una hoz que permite al río desviarse y entrar, corriendo hacia el S., en la meseta ibérica. Es verosímil que el Pisuerga, cuando las cordilleras de esta parte del macizo sólo estaban esbozadas, vertiera sus aguas en el Ebro; pero después de rota la montaña de caliza, en el punto dicho, por los últimos esfuerzos del movimiento orogénico terciario, sus aguas tomaron el camino que les ofrecía menor resistencia, dejando entonces el Pisuerga de ser tributario del gran río que baña la depresión ibérica.

También el río Luna (que nace cerca del puerto de Ventana) tiene su curso superior formado por un tramo longitudinal que es paralelo a la sierra de caliza carbonífera que, desprendiéndose de Peña Obiña, corre al SE. hasta cerca de la estación de Matallana. Sólo después de alcanzar la orilla N. de la meseta cambia dicho río de dirección, fluyendo hacia el S. para unirse al Esla.



MAPA GEOLOGICO DE LA REGION CANTABRO-ASTURICA

Escala 1:400.000



•NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) E. HERNÁNDEZ-PACHECO: *Ensayo de síntesis geológica del Norte de la Península Ibérica*. — Madrid, 1912, págs. 17-20.
- (2) J. DANTÍN CERECEDA: *Ensayo acerca de las regiones naturales de España*. — Madrid, 1922, págs. 70-72.
- (3) G. SCHULZ: *Descripción geológica de Asturias*. — Oviedo, 1900, página 3.
- (4) MARQUÉS DE VILLAVICIOSA DE ASTURIAS y J. F. ZABALA: *Picos de Europa*. — Madrid, 1918.
- (5) COMTE DE SAINT-SAUD: *Monographie des Picos de Europa*. — París, 1922.
- (6) IDEM: Loc. cit., pág. 18.
- (7) L. MENGAUD: *Recherches géologiques dans la région cantabrique*. — París, 1920, págs. 307-309.
- (8) P. HERNÁNDEZ SAMPELAYO: *Hierros de Galicia*. — Tomo I, Madrid, 1922 (Memorias del Instituto Geológico de España), pág. 1.
- (9) COMTE DE SAINT-SAUD: Loc. cit., pág. 103. En documentos existentes en el archivo del Ayuntamiento de San Salvador de Cantamuga consta (según ha tenido la atención de comunicarnos D. Prudencio González) que los «apeadores» que en 1742 deslindaron los valles de Pernia, Campoó y Poblaciones, ya dan a la cumbre el nombre de Pico Tres Aguas.
- (10) J. REVILLA: *Riqueza minera de la provincia de León*. — León, 1906.
- (11) G. SCHULZ: Loc. cit., pág. 90.
- (12) IDEM: Loc. cit., págs. 70-72.
- (13) L. MENGAUD: Loc. cit., pág. 305.
- (14) G. SCHULZ: Loc. cit., pág. 40.
- (15) L. MENGAUD: Loc. cit., págs. 307-310.
- (16) L. V. PIRSSON: *Physical Geology*. — New-York, 1919, pág. 53.
- (17) CH. BARROIS: *Recherches sur les terrains anciens des Asturias et de la Galice*. — Lille, 1882, pág. 443.

- (18) P. HERNÁNDEZ SAMPELAYO: Loc. cit., pág. 3.
- (19) G. SCHULZ: Loc. cit., pág. 70.
- (20) IDEM: Loc. cit., pág. 24.
- (21) CH. BARROIS: Loc. cit., págs. 601-607.
- (22) J. MACPHERSON: «Ensayo de historia evolutiva de la Península Ibérica» (*Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*). — Serie II, tomo 10. Madrid, 1901, pág. 152.
- (23) E. SUÈSS: *Das Antlitz der Erde, II.* — Wien, 1888, págs. 144-151.
- (24) E. HERNÁNDEZ-PACHECO: Loc. cit., pág. 52.
- (25) IDEM: Loc. cit., pág. 37.
- (26) IDEM: «Discurso leído en el acto de su recepción en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid». — Madrid, 1922, pág. 47.
- (27) L. ADARO: «Criaderos de hierro de Asturias» (*Memorias del Instituto Geológico de España*). — Madrid, 1916, pág. 87.
- (28) R. URRUTIA: «Esquema estratigráfico de las provincias de Asturias y León» (*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XLIII). — Madrid, 1922, pág. 219.
- (29) CASIANO DE PRADO: «Valdeón-Caín-La Canal de Trea-Ascensión a los Picos de Europa» (*Revista Minera*, tomo XI). — Madrid, 1860, pág. 64.
- (30) P. TERMIER: «Contribution à la connaissance tectonique des Asturies» (*C. R. Ac. Sc.*). — París, 21 de mayo de 1918.
- (31) E. KAYSER: *Lehrbuch der Allgemeinen Geologie*, II. — Stuttgart, 1921, pág. 220.
- (32) K. ANDREE: *Über die Bedingungen der Gebirgsbildung*. — Berlin, 1914, pág. 69.
- (33) E. HERNÁNDEZ-PACHECO (*B. S. Esp. Hist. Nat.* — 1913, pág. 147).
- (34) O. WILCKENS: *Allgemeine Gebirgskunde*. — Jena, 1919, pág. 99.
- (35) E. KAYSER: Loc. cit., pág. 236.
- (36) P. TERMIER: Loc. cit.
- (37) L. MENGAUD: Loc. cit., pág. 297.
- (38) IDEM: Loc. cit., pág. 326.
- (39) P. TERMIER: Loc. cit.
- (40) L. MENGAUD: Loc. cit., pág. 297.
- (41) IDEM: Loc. cit., pág. 297.
- (42) IDEM: Loc. cit., pág. 324.
- (43) L. MENGAUD: Loc. cit., pág. 297.
- (44) IDEM: Loc. cit., pág. 298.
- (45) I. PATAC: *La formación uraliense asturiana*. — Gijón, 1920, pág. 14,

- (46) P. DE NOVO Y FERNÁNDEZ-CHICHARRO: «Discurso leído en el acto de su recepción en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales». (*Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, Marzo, 1925, pág. 180).
- (47) J. MACPHERSON: Loc. cit., págs. 126 y 127.
- (48) E. HERNÁNDEZ-PACHECO: «Discurso leído en el acto de su recepción en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales». — Madrid, 1922, pág. 41.
- (49) P. HERNÁNDEZ SAMPELAYO: Loc. cit., pág. 134.
- (50) J. D. DANA: *Manual of Geology*. — New-York, 1879, pág. 819.
- (51) G. SCHULZ: Loc. cit., pág. 30.
- (52) CH. BARROIS: Loc. cit., pág. 566.
- (53) L. MALLADA: *Explicación del mapa geológico de España*. (Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España. Tomo III). Madrid, 1898, página 144.
- (54) P. CHOUFFAT: *Noticia sobre la carta hipsométrica de Portugal*, (Comissão do Serviço geológico de Portugal). — Lisboa, 1907, pág. 57.
- (55) E. ARGAND: *Plissements précurseurs et plissements tardifs des chaînes de montagnes*. (Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft). — 1920.
- (56) H. STILLE: *Tektonische Evolutionen und Revolutionen in der Erdkruste*. — Leipzig, 1913, págs. 29 y 31.
- (57) DUROCHER: *Essai sur le terrain de transition des Pyrénées*. Ann. des mines. — 3^a ser., tomo VI, 1884.
- (58) CH. BARROIS: Loc. cit., pág. 601.
- (59) TH. FISCHER: *Versuch einer wissenschaftlichen Orographie der iberischen Halbinsel*. (Petermann's Mitteilungen). — 1894, pág. 249.
- (60) P. TERMIER: Loc. cit.
- (61) L. MENGAUD: Loc. cit., pág. 325.
- (62) A. PENCK: *Die Picos de Europa und das Kantabrische Gebirge*. (Geogr. Zeitschrift). — 1897, pág. 281.
- (63) J. MACPHERSON: Loc. cit., pág. 149.
- (64) E. SUÈSS: Loc. cit., III, 2.^a parte, 1909, pág. 271.
- (65) L. ADARO: Loc. cit., pág. 87.
- (66) G. SCHULZ: Loc. cit., pág. 58.
- (67) A. SCHULTEN: *Hispania*. (Versión española de Bosch Gimpera y Artigas Ferrando). — Barcelona, 1920, pág. 33.
- (68) G. SCHULZ: Loc. cit., pág. 39.
- (69) IDEM: Loc. cit., págs. 39 y 40.

ALGUNAS NOTAS ESTRATIGRÁFICAS

SOBRE LA

CUENCA TERCIARIA DEL EBRO

POR

A G U S T Í N M A R Í N

Vocal del Instituto Geológico.

ALGUNAS NOTAS ESTRATIGRÁFICAS

Sobre la

CUENCA TERCIARIA DEL EBRO

Los estudios cuyo resultado hemos condensado en esta pequeña nota se refieren principalmente a la zona terciaria ocupada por la depresión del Ebro a Levante de Caspe, en la zona contigua al río entre este pueblo y Fayón.

Nada más sencillo en conjunto que la geología de la cuenca terciaria del Ebro en esta zona. La estratificación regular y casi horizontal no está afectada por accidentes geológicos. No se ve en el terreno ni un pliegue ni una falla de importancia. Todos los estratos corresponden a la parte media del terciario, sin que corten su continuidad otra clase de terrenos ni hagan su aparición ninguna clase de rocas hipogénicas. Es más, en los diversos horizontes geológicos que integran la formación, la constitución litológica es muy parecida y esto transciende en la orografía y en los cultivos del país. La monotonía es grande. País ondulado, sin grandes alturas, con escaso cultivo, da idea de sequedad, aridez y tristeza. Parte de la zona comprende las regiones de los Valdurrios y Los Monegros, cuya pobreza es legendaria.

Unicamente al lado de los ríos cubren los estratos terciarios algunos terrenos modernos, dando lugar a huertas, pero

éstas, en general, tienen poca extensión y son en pequeño número. El Ebro va casi siempre encajonado y con poca pendiente, lo que dificulta mucho el aprovechamiento para riegos.

A nadie que recorriera la zona bañada por el agua del Ebro, sin buscar la relación de sus terrenos con los de otras regiones de España, le sería posible determinar la edad geológica de los estratos que la constituyen. Se observa que son lacustres y terciarios por su composición litológica y por los fósiles en ellos encontrados: *Planorbis*, *Lymnaea*, *Melanopsis*, *Paludinæs* y *Helix*, pero es imposible determinar el terreno geológico a que corresponden y menos aún a qué tramo pertenecen. Dichos fósiles se encuentran en todos los terciarios lacustres, y algunos llegan hasta nuestros días; hasta el presente, no han sido citados otras clases de fósiles por ninguno de los Geólogos que han recorrido la comarca.

Es necesario, pues, relacionar estratigráficamente los estratos de la zona objeto de nuestro estudio con los terrenos de otras regiones cuyos datos paleontológicos sean de mayor eficiencia para la clasificación de los terrenos. En efecto, en Cataluña se ha podido llegar a determinar la edad y tramos de los depósitos terciarios merced a los descubrimientos de Calaf, Tárrega y otros, y nosotros, en nuestros trabajos anteriores, manifestamos que la gran mancha terciaria de Cataluña es oligocena del tramo sannoisense y que se puede considerar dividida en los siguientes horizontes:

SANNOISENSE

- 1.º Zona salina. Espesor medio, de 300 a 400 metros.
- 2.º Margas grises y rojas, yesosas y saladas, a veces con bancos de calizas, areniscas y yeso. Espesor medio, de 100 a 200 metros.

3.º Margas rojas predominantes con calizas, conglomerados y areniscas con *Melanoides albigenensis*. Espesor, de 600 a 1.000 metros.

4.º Yesos superiores con margas, calizas, areniscas y algún banco de lignito. Espesor, 100 metros.

5.º Margas grises y rojas con calizas fosilíferas y lignitos de Calaf, con gran cantidad de *Planorbis*. Espesor, de 150 a 250 metros.

6.º Calizas y molasas con osamentas de Tárrega, entre ellos el *Brachyodus Cluai* y con abundancia de *Limnaea pyramidalis*. Espesor, de 30 a 80 metros.

AQUITANIENSE (?)

7.º Margas amarillentas y blancas con molasas del Castillo de Mequinenza. Espesor, de 30 a 60 metros.

En Calaf se determinaron los siguientes fósiles:

Mamíferos: *Ancodus Aymardi*, Pomel; *Diplobune minor Filholi*, y los moluscos: *Melanoides albigenensis*, Noulet; *Melanoides occitaniens*, Fontannes; *Striatella Nysti Duchastel*; *Vivipara cf. sericisinensis*, Noulet. En Almatret: *Nystia Duchasteli*, Eyst; *Lymnaea longiscata*, Brong; *Planorbis cornu*, Brong; *Planorbis polycymus*, Fontannes; *Hydrobia pyramidalis*, Desch; cocodrilos y tortugas de río.

En el tramo de las molasas hallaron en Tárrega los Sres. Vidal y Depéret los fósiles siguientes:

Mamíferos: *Brachyodus Cluai*, Depéret; *Theridemis siderolithicus*, Pictet; *Plesictis*, Filholi y *Amphicyon* o *Pseudamphicyon*; reptiles, *Emys*; peces, *Prolebidas*, afines al *P. Ouataleti*, Sauvage; moluscos: *Lymnaea longiscata*, Brong; *Planorbis cornu*, Brong, *Pl. Polycymus*, Fontannes, y los vegetales *Anastomeria*, *Sabal Lamanonis*, *Cinamomum lanceolatum*, *Leucothea* y *Myryca acuminata*.

Nosotros hemos encontrado varios ejemplares en Tárrega correspondientes a las especies y géneros citados, que se conservan en el Museo del Instituto Geológico.

En los horizontes inferiores a los de Tárrega y Calaf hemos hallado los fósiles siguientes:

Planorbis cornu, *P. discus*, Edwards; *P. stenocylcatus*, Fontannes; *P. polycymus*, *Melanoides albigenensis*, *Melania barjensis*, Fontannes; *Lymnaea pyramidalis*, Bonn; *L. longiscata*, *Melanopsis*, etc., característicos algunos de ellos del oligoceno, como el *Melanoides*.

Por otra parte, todos los cerros próximos donde se asienta la ciudad de Zaragoza y toda la zona occidental de la mancha terciaria del Ebro, corresponden al mioceno. Los recientes descubrimientos de Daroca, en donde se han hallado huesos de mastodonte y de *Hipparium*, parecen así confirmarlo.

En el mioceno del Ebro, lo mismo que en el del Tajo, se observan tres tramos bien definidos. El inferior, en que predominan las areniscas; el medio, en que abundan las margas yesosas, y el superior, que lo caracteriza la presencia de las calizas. El Sr. Jimeno manifiesta, en un reciente e interesante trabajo, que el inferior está constituido por areniscas grises con arcillas y arenas de colores rojo claro y oscuro. El medio, por margas, yesos y sal de color gris blanquecino, y el superior, por arcillas grises amarillentas con calizas del mismo color. En los tres tramos existen margas. Estos tres tramos parecen corresponder a los tortoniense, sarmático y pónico.

Mas a pesar de que en la zona oriental de la gran mancha terciaria del Ebro, comprendiendo toda Cataluña, está claro y bien determinado que corresponde al oligoceno inferior y que la parte occidental de la misma corresponde al mioceno, no creemos que se haya determinado por ningún autor el límite entre esos dos terrenos, y juzgamos nosotros que precisamen-

te recorriendo el Ebro se puede observar perfectamente el contacto entre ambos.

La confusión que ha existido siempre acerca de la edad de los depósitos terciarios ha sido originada porque el régimen en toda la Península desde la retirada del mar eoceno, o sea durante las edades oligocena y miocena, ha sido el mismo: existencia de lagos de gran extensión y no mucha profundidad, entre los cuales es uno de los tres importantes el ocupado por la depresión del Ebro. Nada tiene, pues, de particular, que la constitución litológica y que la fauna y la flora en todo ese período fueran muy parecidas. Es más, los depósitos yesosos y salinos que ambas formaciones contienen le dan mucha similitud, y se comprende bien que se hayan podido reproducir las condiciones climatológicas desérticas que se requieren para que aquéllos se hayan podido formar.

En conjunto, resulta que toda la formación oligocena de Cataluña y parte de Aragón buza hacia el Oeste, aunque muy suavemente, colocándose, por tanto, debajo de los depósitos miocenos que cubren una buena parte del suelo aragonés.

No creo pueda caber duda al suponer que las capas de lignito de la región de Mequinenza sean las mismas del horizonte de Calaf, y que éste, a su vez, es reconocido con lignito en el borde Norte de la cuenca oligocena en Pobla de Segur, y que la base del mismo horizonte se presenta en Sampedor y en los cerros altos de los sinclinales del centro de la cuenca potásica catalana. Además de la semejanza de las formaciones de todos los sitios citados, lo abonan también razones estratigráficas. En efecto, siguiendo el camino de Calaf a Tárrega, se ve cómo, en general, el tramo de las margas, molasas y areniscas y lignitos de Calaf buza ligeramente al Oeste y parece situarse, desde San Martín de Sargayolas, debajo del tramo de las margas y molasas de Cervera y Tárrega, que en bancos horizontales forman toda la meseta que se extiende hacia Lérida. Del



mismo modo, yendo de Montblanch a Lérida, el tramo de las margas buza al Oeste y se introduce debajo del horizonte calizo de Tárrega, que forma el terreno en toda la meseta que se extiende desde Floresta y Borjas hasta cerca de Lérida.

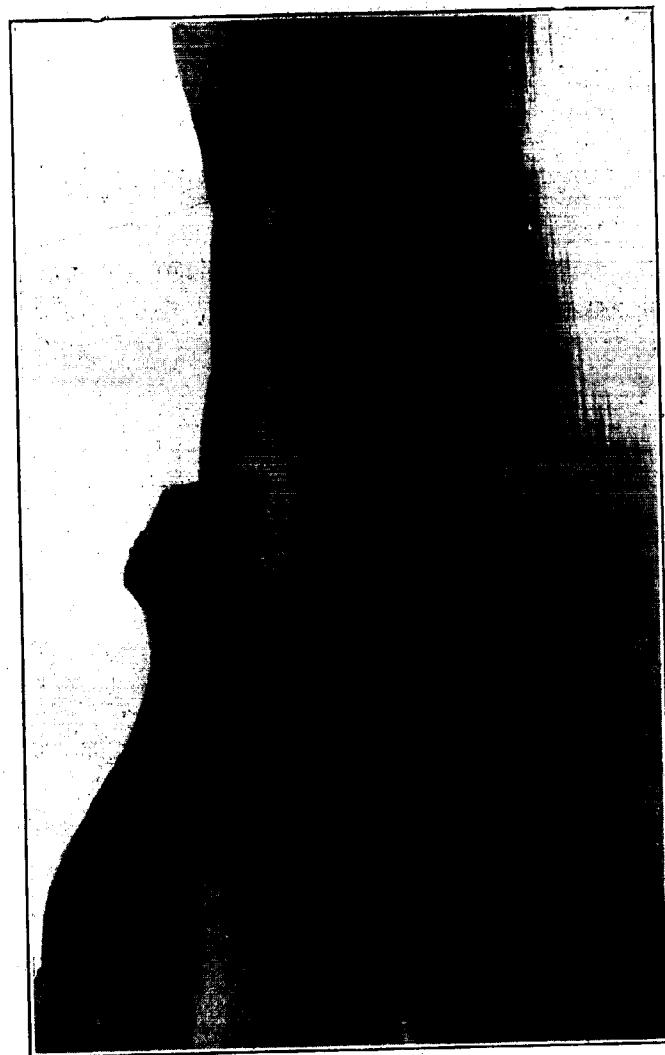
Este horizonte de Tárrega, por presentarse en forma de losetas y resistir mejor a la erosión que las margas infrayacentes y que las margas superpuestas, a pesar de no tener mucho espesor, cubre una gran extensión de la zona occidental y baja de la provincia de Lérida.

Ya cerca de Lérida, en términos de Juneda y Puigvert, se ven encima de las molasas algunos cerretes coronados de margas blanquecinas, que corresponden al horizonte más alto de los comprendidos en la clasificación que hemos citado y que pudieran ser aquitanianos.

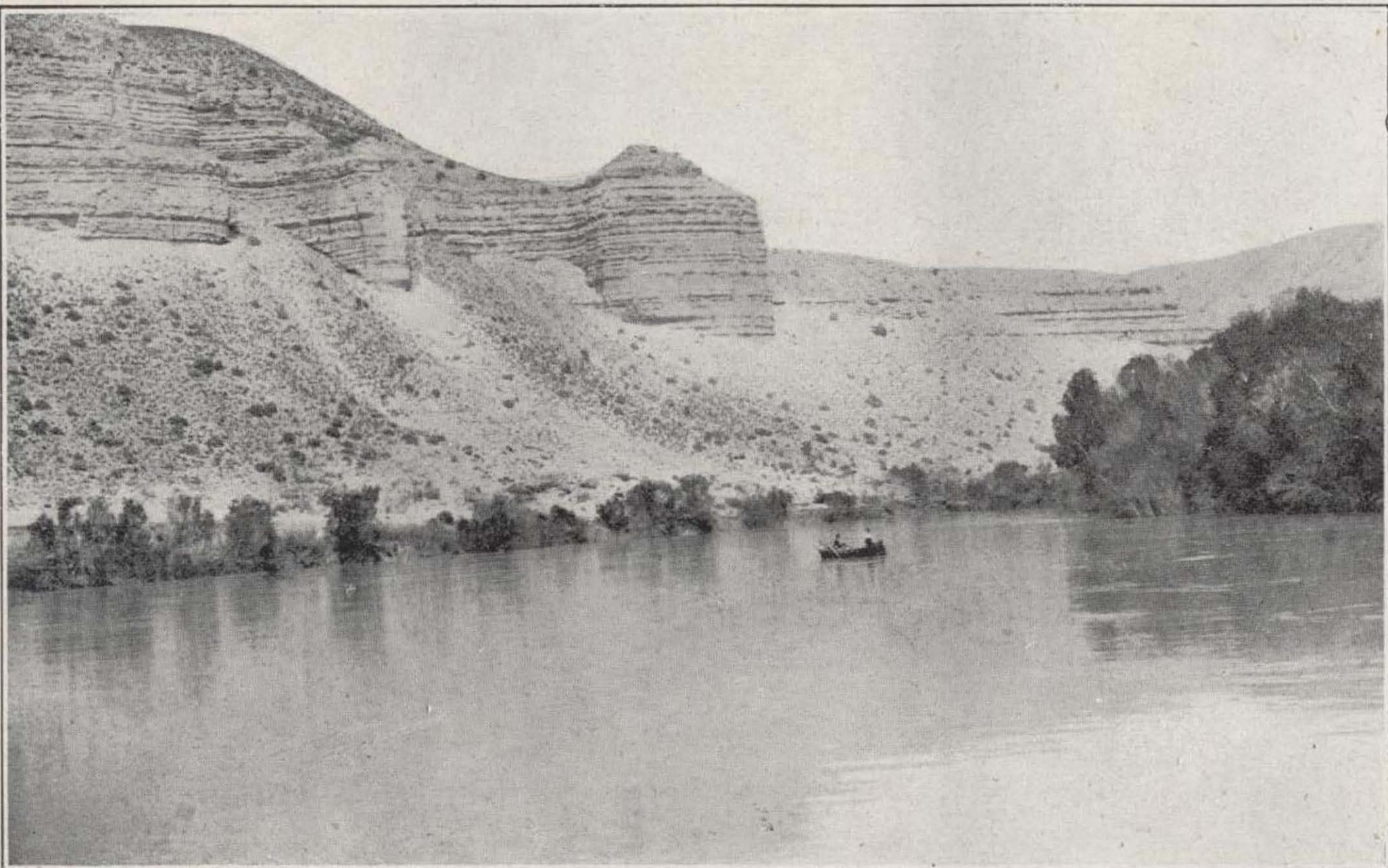
Al bajar a la cuenca de los ríos Segre, Cinca y Ebro, desde las mesetas de Lérida en que los bancos están horizontales, se vuelve a encontrar el tramo de las margas lignítferas con yesos, y aquí la formación parece tener más espesor. Los lechos de los ríos citados están labrados en toda la zona ocupada por la cuenca de Mequinenza en la formación de lignitos, y aun más, labores someras y sondeos realizados en la cuenca han puesto de manifiesto la existencia de lignito por bajo del lecho del río Ebro.

En los cerros que forman las vertientes de los tres ríos, cuando alcanzan alguna altura, se puede ya ver el tramo de las molasas de Tárrega coronando algunos de ellos. Estas molasas llevan como fósil característico la *Lymnaea pyramidalis*, que nosotros hemos encontrado con gran abundancia en Cervera y Tárrega.

El horizonte lignítfero se apoya sobre el de margas con yesos, calizas y areniscas; pero este último está poco definido, y realmente los dos constituyen uno solo. La única diferencia aparente es que en el llamado lignítfero abundan los lechos de



Río Ebro. — Balcón de Pilatos.
Tramo de las areniscas miocenas sobre el horizonte de las margas blancas.



Río Ebro. — Balcón de Pilatos.

Tramo de las areniscas miocenas sobre el horizonte de las margas blancas.



carbón; no así en el inferior, donde sólo se ven indicios del mismo. Nosotros creemos que Fayón está en este tramo inferior, y que en el río a unos cuatro kilómetros aguas arriba de dicho pueblo, está el contacto poco claro de estos dos horizontes.

Sobre el tramo de las molasas de Tárrega se presenta el de las margas blanquecinas que coronan el cerro del Castillo, junto a Mequinenza, que se ven en la Sierra de Monegre y también en La Plana, en la orilla derecha del Ebro. En este terreno corresponden también las margas con algunos bancos de caliza, que se observan junto al río Ebro, en la Magdalena y los Arcos.

Por último, el tramo de las areniscas grises y pardas, con intercalaciones de arcilla, que se hallan en el sitio donde está construido el Santuario de la Magdalena, y que aguas arriba de este punto se presentan en el mismo lecho del Ebro hasta más arriba de Caspe, corresponden al tramo más bajo de los tres en que hemos considerado dividido el mioceno de la gran mancha del Ebro.

Resulta, pues, que haciendo un corte por el lecho del río Ebro desde Fayón a Caspe, se encontrarán los terrenos representados en el croquis adjunto; pero en él no se pueden determinar los espesores, a causa de las diferencias de escala para las longitudes horizontales y verticales, y además porque como las inclinaciones de los estratos y del río son muy pequeñas, no es posible darse bien cuenta de la marcha de los mismos en el gran número de vueltas y recovecos que tiene el río.

Todos los horizontes del oligoceno que constituyen el terreno desde Fayón a Mequinenza parecen tener un buzamiento al Noroeste de 2 por 100 próximamente. Como el río da muchas vueltas, unas veces corta la dirección de la capa normalmente, otras la sigue y en la mayor parte tiene direcciones intermedias.

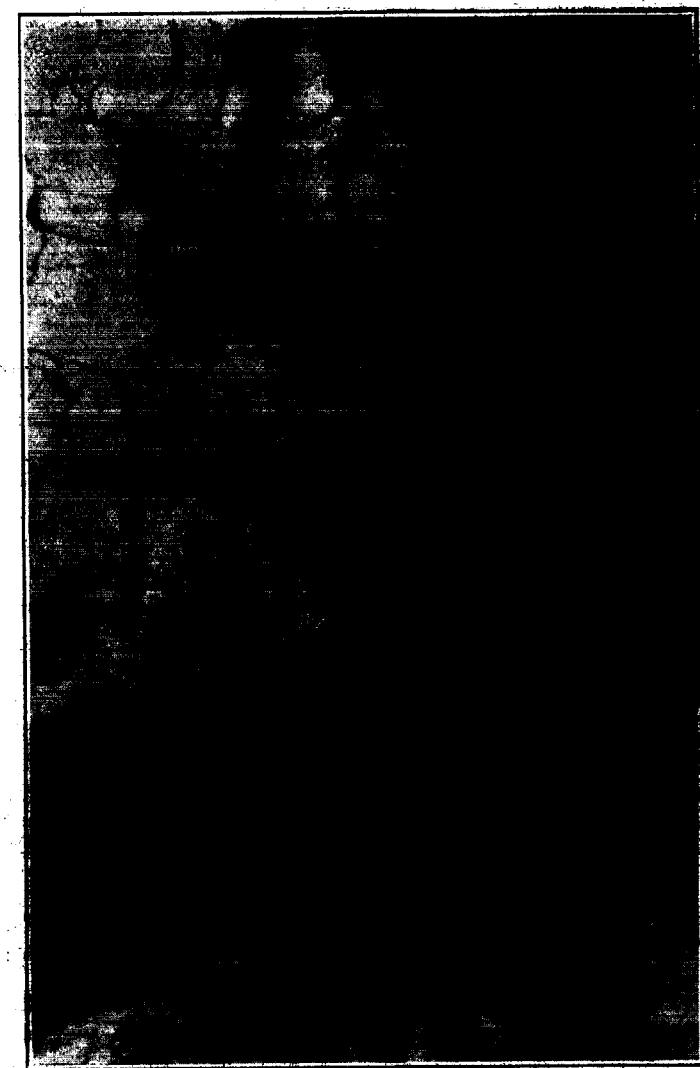
Conviene también hacer resaltar que los materiales que



constituyen estos horizontes varían mucho de unos sitios a otros. En los bordes de la cuenca se ven conglomerados con elementos gruesos, mientras que en el centro de la misma se ven areniscas, margas, molasas, correspondiendo todos a la misma época de estratificación, pero debiendo las diferencias a que los elementos finos pudieran ser aportados hasta el centro del lago por las aguas continentales, no ocurriendo lo mismo con los elementos gruesos, que quedaron en la periferia del mismo.

En zonas del lago las aportaciones pudieron ser más importantes que las precipitaciones, y así se concibe que un mismo banco pueda ser en sitios arenisca y en otros molasa o marga. Esta variabilidad, esta falta de uniformidad se manifiesta mucho más claramente en las formaciones lacustres, como la que nos ocupa, y se hace extensiva a la potencia de los bancos, así que es muy difícil sincronizar formaciones de diferentes lugares que presenten entre ellas soluciones de continuidad. Así veremos, por ejemplo, diferencias notables en el orden de sucesión de los estratos en los perfiles transversales al Ebro que presentamos en este trabajo.

El pueblo de Fayón y los estratos que deben formar el lecho del río, corresponden al horizonte inferior al lignítifero. Está constituido generalmente por margas calizas, yesos y algún banco de arenisca, y tiene constitución litológica muy parecida al horizonte inmediato superior. En los muchos sondeos realizados en el mismo río, a tres kilómetros al Norte de Fayón, hasta profundidades de 40 metros, ateniéndonos a los datos que nos han sido proporcionados, se ha puesto de manifiesto la presencia de bancos calizos alternantes con margas, areniscas y algún lecho pequeño de yeso. Tan sólo en dos sondeos se cortaron unos lechos lignítferos. También por encima del nivel de las aguas del río se ven calizas con margas, existiendo un banco de arenisca que sirve de referencia en los trabajos



Mina Destruitora. — Tramo lignítifero.



Mina Destructora. — Tramo lignitifero.

estratigráficos y que podemos tomar, un poco arbitrariamente, como límite inferior del horizonte lignítico.

Siguiendo el río se encuentran los bancos un poco oblicuos, pero próximos a cortarlos normalmente; así que, debido a la inclinación de la cuenca al Noroeste, se va ascendiendo geológicamente a medida que se va subiendo por el río.

Antes de llegar al barranco de La Canota se puede considerar que se entra ya claramente en el horizonte lignítico, y desde el referido barranco se van cortando los estratos de dicho horizonte, entre ellos el gran número de vetas de lignito que en él aparecen y que se ponen de manifiesto en el plano inclinado y en las labores de la mina «Pilar», perteneciente a la Sociedad Carbonífera del Ebro. Las capas de lignito alternan con molasas, margas, calizas y algún banco de arenisca. También se ven algunos lechos de yeso.

En las dos márgenes del Ebro, a nivel más alto que las labores de la mina «Pilar», en la margen izquierda del río, y que las de las minas «Angelita» y Sociedad Electro Química de Flix, en la derecha, se ven las losetas del horizonte de las molasas, claro es que a medida que se sube en el río, más cerca de él.

Entre Mequinenza y Los Arcos el corte tiene mayor interés, porque circulando el río en este trozo normalmente a la dirección de los estratos, y teniendo tal vez el oligoceno mayor inclinación que en parte alguna, se ve muy claro el buzamiento de los horizontes examinados en conjunto. Así resulta que a unos cuatro kilómetros aguas arriba de Mequinenza corta el río el contacto del horizonte lignítico con el de las molasas de Tárrega, y siguiendo aguas arriba antes de Los Arcos, se ve el contacto de este último horizonte con el de las margas blancas que coronan el cerro del Castillo de Mequinenza.

El horizonte de las molasas está constituido principalmente por esta clase de rocas, que dan, en conjunto, al horizonte un aspecto compacto y resistente difícil a la erosión. En él, como

en el tramo lignítifero, los fósiles son abundantes, pero así como en éste predominan los *Planorbis*, y entre ellos el *Cornu*, Brong, en el de las molasas predomina la *Lymnaea pyramidalis*, que se diferencia principalmente de la *longiscata* en que las líneas de sutura no son dentadas, sino rectas.

El horizonte de las margas blanquecinas y amarillentas tiene poco espesor. Acompaña a las citadas rocas algo de yeso, y en él no hemos encontrado fósiles. Su edad está por completo indeterminada. Vidal las consideraba aquitanienses, y en ese caso formarían la base del mioceno. Una circunstancia muy interesante nos hace inclinarnos hacia esta opinión, y es que este horizonte en el trozo del Ebro, entre Mequinenza y Los Arcos, se apoya en estratificación discordante sobre el horizonte de las molasas francamente oligocenas. Este último horizonte tiene más inclinación que el horizonte superpuesto de las margas.

En contraposición de esto se considera en general que las manchas miocenas de la Península Ibérica presentan en su base los conglomerados y areniscas, tramo que se apoya sobre el de las margas blanquecinas en el Ebro, como ahora veremos. Considerándolo así, este pequeño horizonte podría representar el estampiense, o sea la parte más alta del oligoceno, aunque su facies no es parecida a la que presenta este tramo en otras regiones de Europa.

Subiendo por el Ebro, entre Los Arcos y La Magdalena, los estratos tienen dirección casi paralela al río, así que camina en todo este trayecto casi por el mismo banco. En el mismo río se presenta el horizonte de las margas blanquecinas, pero en las laderas aparece a muy poca altura sobre el río un horizonte de areniscas que consideramos nosotros que constituye, de un modo franco, la base del mioceno.

Ya en la confluencia con el Ebro de los barrancos Hondo, de la margen izquierda, y Vall de la Fabiana, en la margen

derecha, se ven en el río las areniscas de la base del mioceno, y en esta roca tiene labrado el río su lecho hasta aguas arriba de Caspe.

En este tramo de areniscas, constituido principalmente por esta roca, se encuentran también arcillas rojizas y grises, algunas margas rojas y grises y pardo-amarillentas, y algún banco de caliza gris parduzca.

Este tramo de areniscas tiene mucho desarrollo en toda la margen derecha del río y parece buzar un poco hacia el río, a lo que atribuimos que en la margen izquierda no tenga tanto espesor. En esta margen se superpone al tramo de las areniscas el tramo de las margas con yesos y calizas, que constituyen todo el suelo árido y seco de la región esteparia de los Monegros.

Para completar las ideas sobre la constitución geológica de la cuenca terciaria del Ebro entre Fayón y Caspe, hemos trazado algunos cortes transversales que no son más que croquis a causa de la falta de planos altimétricos de la región, y de ser muy deficientes los planimétricos existentes. Estos cortes confirman las ideas expuestas.

En la figura 1 hemos representado el corte en el Castillo de Mequinenza. El horizonte *a* es el lignítifero, en donde se han representado las capas más importantes. El horizonte *b* es el de las molasas, que viene a tener un espesor de unos 50 metros. El horizonte *c* y *d* es el de las margas: *c*, amarillento, y *d*, muy blancas; este último es el que se presenta en la cimentación del Castillo de Mequinenza.

En Los Arcos hemos trazado otro corte transversal, que lo hemos prolongado hasta cota más alta en la margen izquierda, a consecuencia de que hemos podido aprovechar un corte

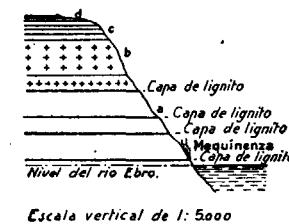
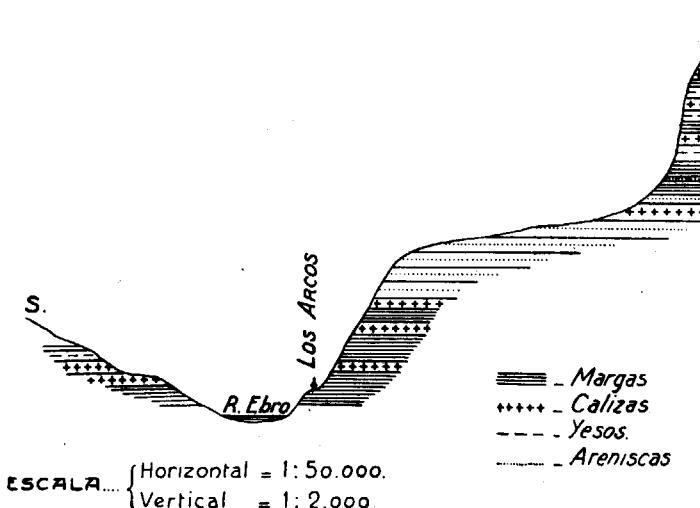


Fig. 1.

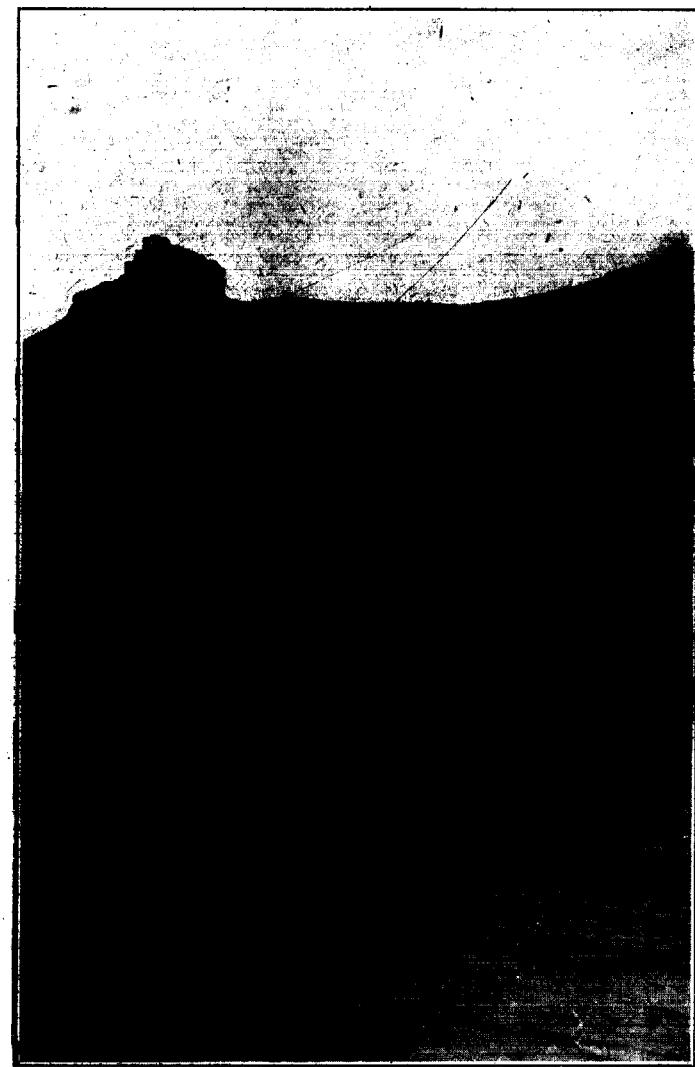
natural del terreno (fig. 2) que se presenta en el barranco de La Vall Cuerna, como a unos tres kilómetros del río.

En la misma margen del río es imposible ver la roca, pues presenta unos terrenos aluviales que forman huertas; pero como a unos seis u ocho metros sobre el nivel del agua se ven las márgenes blanquecinas que llevan encima unas vetas de yeso



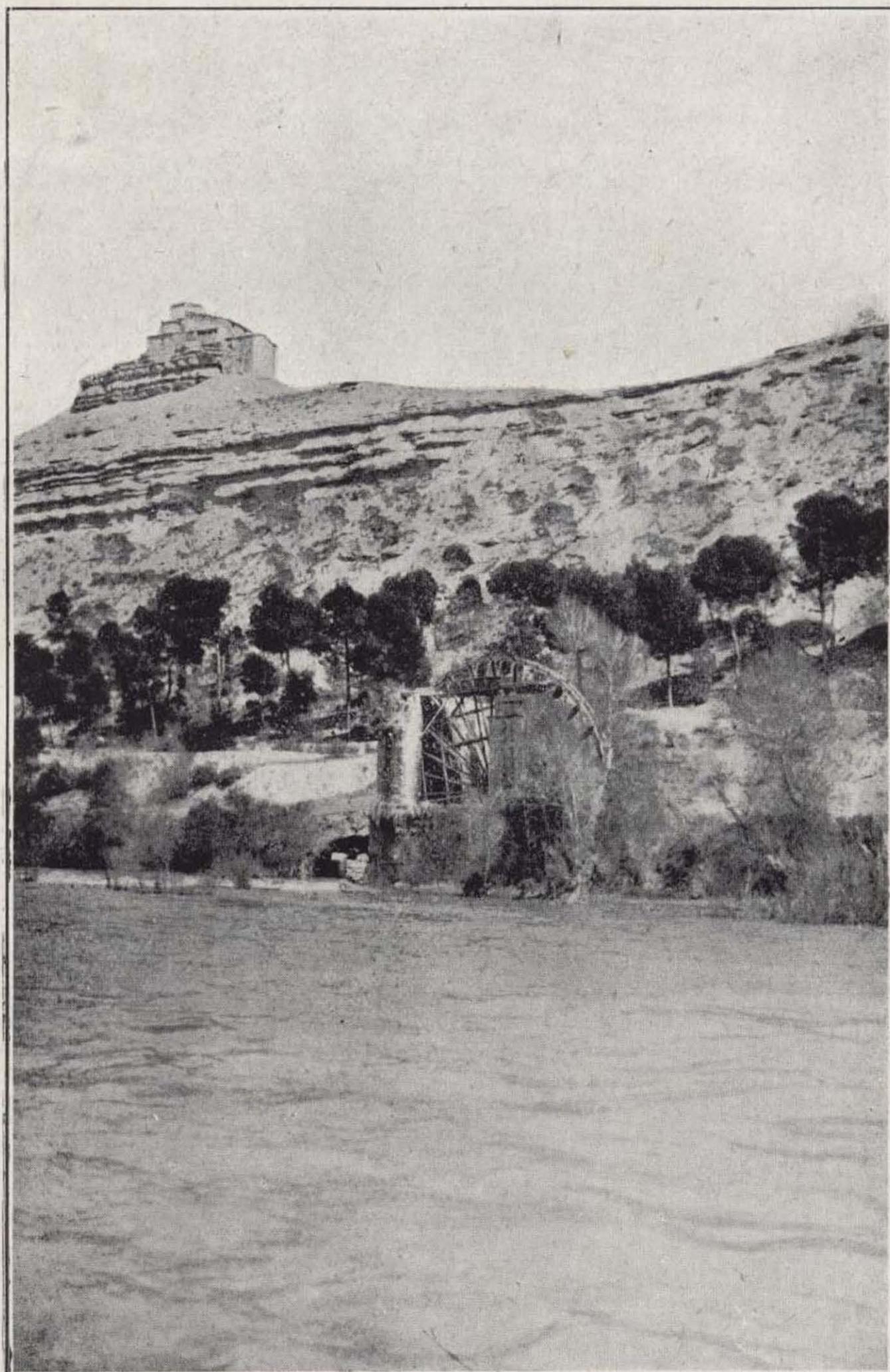
y un banco de caliza. A unos 38 metros de altura sobre el río aparecen las areniscas alternantes con margas y unos bancos de caliza estrechos, pero resistentes, que llegan hasta cerca de unos 100 metros de altura sobre el río, apareciendo superpuestas las margas con yesos y nódulos de pedernal alternantes con calizas. En estas últimas se ven bastantes fósiles, principalmente *Planorbis*.

El tramo de las areniscas aparece aquí, pues, con un espesor de unos 60 metros, en general pequeño comparado con el que presenta en otros sitios de la misma cuenca. Tiene encima el tramo de las margas yesosas, que alcanza un espesor grande.



Ermita de la Magdalena y su rueda.

La ermita se encuentra sobre las areniscas miocenas.



Ermita de la Magdalena y su rueda.

La ermita se encuentra sobre las areniscas miocenas.

En el paraje denominado La Magdalena, el río da una vuelta rodeando a un trozo de terreno a modo de una península. El agua tiene un recorrido de varios kilómetros, que se podía evitar con un paso a través de lo que pudiéramos llamar el

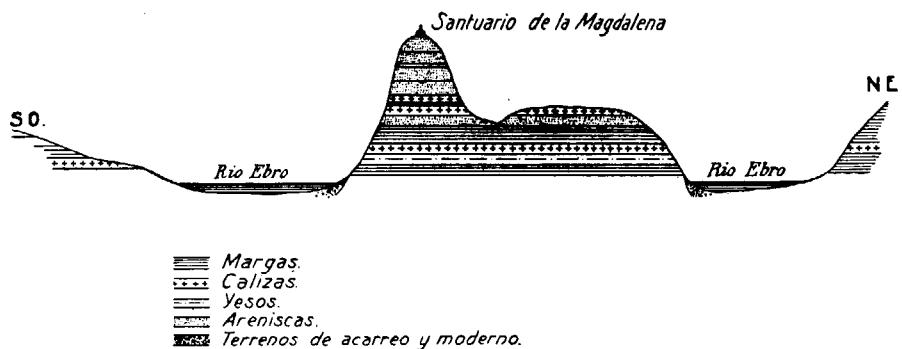


Fig. 3.

istmo. Por él hemos trazado un corte (fig. 3) que tiene mucho parecido con el anterior. En la dirección tomada corta dos veces el río.

En la base se presenta ese horizonte confuso de margas, arcillas, calizas y yesos, en el cual las margas y arcillas son blancas y algunas rosáceas. Las calizas se presentan en bancos delgados y son sonoras y generalmente de color blanco o parduzcas. Las areniscas tienen color pardo, muy cubiertas de líquenes al exterior. En esta pequeña península la denudación ha arrastrado los bancos de arenisca superiores, no pudiéndonos dar cuenta del espesor del tramo.

Un corte que hicimos junto al río (figura 4), en la margen derecha del Ebro, en el barranco Vall de Moro, nos da idea de la importancia del tramo de las areniscas del mioceno. Las margas

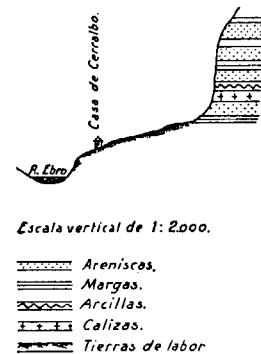


Fig. 4.

tienen varios colores, unas veces rojizas, otras pardo-amarillentas, otras grises y algunas veces amarillas. Las arcillas son generalmente rojas. El conglomerado es de cantes poligénicos, muy abundantes los de cuarzo. Las calizas, de color gris pardo.

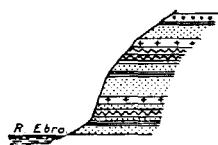
Este tramo de las areniscas, que llega al mismo lecho del río, tiene aquí un gran espesor, pues se presenta hasta 170 ó 180 metros por encima del Ebro, siempre con las alternancias de arcillas, margas y algún banco de caliza.

Cortando a los cerros de La Vireta, situados muy próximos al Ebro y como a unos tres y medio kilómetros al Noreste de Caspe, hemos trazado el último corte en la margen derecha del Ebro (fig. 5).

Las márgenes arcillosas son rosáceas pardo-amarillentas, las calizas blancas y las areniscas lo mismo.

La formación parece tener un ligero buzamiento al Noroeste.

Aquí se ve, como en toda la margen derecha del Ebro, el gran espesor que tiene el tramo de las areniscas. El río, hasta varios kilómetros aguas arriba de Caspe, tiene abierto su curso en este tramo.



Escala vertical de 1:2.000.

	Areniscas.
	Margas
	Arcillas
	Calizas
	Conglomerados

Fig. 5.

RESUMEN

De todo lo manifestado se deduce que la cuenca terciaria lacustre del Ebro está constituida por los siguientes horizontes, enumerados de abajo para arriba:

SANNOISENSE.

- 1.^o Masa salina. Espesor medio, de 300 a 500 metros.
- 2.^o Margas grises y rojas, yesosas y saladas, a veces con

bancos de calizas, areniscas y yeso. Espesor medio, de 100 a 200 metros.

3.^o Margas rojas predominantes con calizas, conglomerados y areniscas con *Melanoides albigenensis*. Espesor, de 600 a 1.000 metros.

4.^o Yesos superiores con margas, calizas y areniscas y algún banco de lignito. Espesor, 100 metros.

5.^o Margas grises y rojas con calizas fosilíferas en donde se halló el *Ancodus Aymardi*, Powel, y lignitos de Calaf con gran cantidad de *Planorbis*. Espesor, de 120 a 250 metros.

6.^o Calizas y molasas de Tárrega con osamentas, entre ellos el *Brachiodus Cluai* (Vidal y Depéret), y con abundancia de *Lymnaea pyramidalis*. Espesor, de 30 a 80 metros.

AQUITANIENSE.

7.^o Margas blanquecinas y amarillentas con molasas, del Castillo de Mequinenza. Espesor, de 30 a 60 metros.

TORTONIENSE.

8.^o Areniscas predominantes de Caspe, conglomerados y arcillas rojas.

SARMÁTICO.

9.^o Margas y arcillas yesosas de los Monegros con *Planorbis*, *Lymnaea*, *Poludina*, *Helix*.

PÓNTICO.

10.^o Calizas con intercalaciones margosas de Los Páramos.

TECTÓNICA
DEL
TERCIARIO CONTINENTAL IBÉRICO
POR
JOSÉ ROYO Y GÓMEZ

Profesor del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

TECTÓNICA

DEL

TERCIARIO CONTINENTAL IBÉRICO

La mayoría de los trabajos que se han ocupado del terciario continental ibérico lo describen como una formación muy simple, constituida por una serie sencilla y monótona de estratos, los cuales apenas si han sufrido modificaciones importantes una vez que fueron depositados. En cuanto a su edad, para unos ha sido la eocena, pliocena y miocena; para otros casi exclusivamente la oligocena, y, aun por el contrario, para otros lo ha sido la miocena. Todas estas dudas y aquellas concepciones tan simples procedían, por una parte, de la falta de un estudio detenido de la cuestión y, por otra, de la escasez de fósiles que permitiesen el fijar la edad de un modo exacto.

En los últimos veinte años el número de yacimientos fosíferos conocidos ha aumentado considerablemente, tanto los de vertebrados como los de moluscos, y esto, unido a que se le ha ido dando a su estudio toda la importancia que merecía, nos ha venido a demostrar que ni la estratigrafía de este terciario era tan poco variada como se decía, ni la tectónica tan sencilla.

En varios de mis últimos trabajos he venido ya ocupándome de la estratigrafía, comprobando que ni todo lo que rellenaba las cuencas terciarias era paleogeno, ni tampoco totalmente

mioceno, sino que hay representaciones de todos los períodos, desde el eoceno hasta el plioceno, habiendo dos, el eoceno y el mioceno, que son los que están más desarrollados. Por el contrario, el oligoceno superior y el mioceno inferior faltan completamente, al parecer, en las cuencas centrales, y el plioceno, exceptuando el pontiense, que por razones estratigráficas no lo podemos separar aquí del mioceno, no está determinado más que en una pequeña comarca de la provincia de Logroño, sin que se hayan señalado aún las relaciones que guarda con el resto del terciario (véase el cuadro del paralelismo).

Respecto de la tectónica, objeto principal del presente trabajo, también se ha cambiado bastante la opinión que de ella se tenía, sobre todo en lo que respecta a las cuencas centrales, que es en donde estos terrenos están más desarrollados. Los geólogos que en el último tercio del siglo pasado han estudiado el terciario de la Meseta (Prado, Verneuil, Cortázar, Castel, etc.), consideraban que tan sólo habían sufrido fuertes plegamientos las capas cretácicas y las inferiores del terciario (gonfolitas y areniscas), los cuales habían sido debidos a un movimiento eoceno, como consecuencia de la aparición de la Cordillera Central. Como entonces se creía en la existencia de grandes lagos que habían ocupado aquellas cuencas durante el terciario, y los Sres. Verneuil y Collomb encontraron ya las capas superiores con una suave inclinación general al SE. (un metro por kilómetro), estos geólogos, el Sr. Cortázar y otros, supusieron que después del mioceno se había efectuado un movimiento de báscula que había dado aquella inclinación a los estratos miocenos y había desaguado los tan enormes lagos. Cuando las margas u otros estratos miocenos los encontraban plegados o muy inclinados, lo explicaban como debido a fenómenos locales, tales como la aparición de rocas eruptivas o la producción de grandes masas de yesos, pero nunca como debidos a movimientos orogénicos.

CUADRO DEL PARALELISMO DEL TERCIARIO CONTINENTAL IBÉRICO



PERÍODO	PISOS	CUENCA DEL DUERO	CUENCA DEL EBRO	CUENCA ALTA DEL TAJO	Calatayud-Teruel	OTRAS CUENCAS
MIOCENO	INFERIOR		Capas con <i>Hipparium crassum</i> de la provincia de Logroño.			Capas con <i>Hipparium crassum</i> de Alcoy (Alicante).
	PONTIENSE	Caliza oolítica y arcillas de Yudego (Burgos). Calizas de los páramos con moluscos. Arenas con <i>Hipparium gracile</i> de Relea y Carrío de los Condes (Palencia).	Areniscas amarillentas y rojizas que en Monteagudo (Navarra) contienen <i>Hipparium gracile</i> . Calizas de los páramos con moluscos.	Calizas de los páramos con moluscos. Margas ligníticas con moluscos de Tarancón (Cuenca). Margas yesíferas con <i>Hipparium gracile</i> de la Puebla de Almoradier (Toledo), <i>Hipparium gracile</i> de Valdelaguna (Madrid) y Puebla de Almenara (Cuenca). Yacimiento con <i>Hipparium</i> de Cendejas de la Torre (Guadalajara).	Calizas con moluscos. Margas de Concud y Libros (Teruel), de Nombrevilla, y yesos de Teruel con <i>Hipparium gracile</i> .	Conglomerados y arcillas con <i>Hipparium gracile</i> del Vallés-Panadés (Barcelona). Arcillas con vertebrados del Alto Segre. Calizas y margas con moluscos de Alhama de Granada. Calizas de Cartaxo y horizonte de Archino (Portugal).
	SARMATIENSE	Margas con <i>Potamides tricinctum</i> de Castrillo del Val (Burgos). Margas yesíferas con huevos de <i>Anser</i> (Cevico de la Torre y Palencia) en el centro y Noreste; arenas amarillentas y rojizas en el resto. Margas con vertebrados de Cetina (Zaragoza). Yacimientos con <i>Testudo bolivari</i> , <i>Anchithereum</i> , etc., de Palencia, Fuensaldaña y La Cistérniga (Valladolid).	Margas con <i>Potamides tricinctum</i> de Arnedillo (Logroño) y Moneva (Zaragoza). Capas con <i>Potamides</i> de Tosos y Fuendetodos (Zaragoza) (?).	Arenas y margas glauconíferas, rojizas, amarillentas o blanquecinas, a veces yesíferas con los yacimientos de <i>Testudo bolivari</i> , <i>Anchithereum</i> , etc., de Madrid, Vallecas, Alcalá de Henares, Villaluenga, etc. Silex y sepiolita de Vallecas, Villaluenga, etc.	Margas y arcillas con <i>Anchithereum</i> , etc., de Mas del Olmo (Rincón de Ademuz). Margas con azufre y esquistos bituminosos de Libros (?).	Calizas con <i>Potamides tricinctum</i> de Villanueva y Geltrú (Barcelona). Margas yesíferas con <i>Melanopsis impressa</i> de Alhama de Granada. Capas con <i>Listriodon</i> de Aveiras de Baixo (Portugal).
	TORTONIENSE	Areniscas, arenas y arcillas rojas de la Tierra de Campos. Margas en lechos delgados. Yesos del estrecho de Burgos (?).	Conglomerados, arenas y arcillas rojas.	Areniscas, arenas y arcillas rojas y amarillentas.	Arcillas, arenas y conglomerados rojos.	Marino en el Vallés-Panadés (Barcelona), en Valencia y en Alhama de Granada.
	HELVECIENSE Y BURDIGALIENSE	—	—	—	—	Marino allá en donde haya depósitos.
	AQUITANIENSE	—	Margas con <i>Helix aff. ramondi</i> de Vera (Zaragoza) (?).	—	—	Arcillas con <i>Hydrobia dubuissoni</i> del Vallés-Panadés (Barcelona).
	CHATIENSE	—	—	—	—	—
	ESTAMPIENSE	—	Molasas y margas superiores de Calaf y Tárrega (Lérida) (?).	—	Yesos de Utrillas con <i>Cainotherium commune</i> . Calizas de Montalbán con <i>Hydrobia dubuissoni</i> , etcétera.	—
	SANUASIENSE	Arcosas con <i>Xiphodon gracile</i> y <i>Paloplotherium</i> de San Morales (Salamanca).	Calizas de Tárrega con <i>Brachiodus cluani</i> y de Calaf con <i>Ancodus aymardi</i> . Horizonte de <i>Cyrena</i> .	—	Arcosas y gredas de Toledo con la intercalación de molasas marino-salobre (?). Margas grises con yesos y sales solubles de Aranjuez, Ciempozuelos, Vallecas, etcétera.	Esquistos bituminosos de Ribesalbes (Castellón) (?). Yesos de Niñerola (Valencia) (?).
	LUDIENSE A AUVERSIENSE	Margas grises yesíferas de la provincia de Soria. Calizas con <i>Planorbis pseudoammonius</i> de Santo Domingo de Silos (Burgos).	Margaritas de Oeste de Navarra.	Margaritas de Oeste de Navarra.	Margaritas varioladas con yesos de Sayatón (Guadalajara).	—
EOCENO OLIGOCENO	LUTECIENSE	Arenicas de Salamanca. Arcosas con <i>Lophiodon isseleensis</i> de Corrales (Zamora).	Marino en toda la parte septentrional.	—	Arcosas de Sacedón, Sayatón, Huete, etcétera.	—
	PALEOCENO	Conglomerados ferruginosos de Zamora y Salamanca.	Capas con <i>Bulimus gerundensis</i> (?).	—	Conglomerados de Sacedón, La Toba, etcétera.	—



El Sr. Calderón, en sus trabajos de conjunto sobre la tectónica de la Meseta, participaba en parte de dichas opiniones, pero admitía, para la zona montañosa del borde oriental de aquélla, la existencia de presiones que la fracturaron en porciones que hasta en el plioceno y el cuaternario fueron buscando alternativamente, mientras que la Meseta permanecía estable, haciendo las veces de horst.

El Sr. Palacios (P.), en sus estudios sobre la provincia de Soria y la parte meridional de la de Zaragoza, señala pliegues e inclinaciones en las capas paleogenas y miocenas, explicándolo por medio de fallas que se originaron antes y después del mioceno.

Todas estas opiniones, aparte la del Sr. Palacios, y siempre con mayor tendencia a darle a la Meseta gran estabilidad durante el terciario, han sido las que se han venido sustentando hasta hace cerca de diez años.

El ilustre geólogo español Sr. Macpherson, en 1901, en su importante trabajo sobre la historia evolutiva de la Península Ibérica, consideraba que después de los movimientos hercinianos que originaron a la Cordillera Central y la modificaron luego orientándola en la dirección que actualmente guarda, se efectuaron durante el eoceno grandes dislocaciones alrededor de la Meseta, pero sin que llegaran a actuar sobre ella. Según él, al final del eoceno y principios del mioceno se iniciaron las cuencas en donde se habían de formar los grandes lagos miocenos. Pasado el mioceno, se efectúa un descenso en masa de la Península a los dos lados de una línea que, partiendo de la Cordillera Cantábrica, seguía por los Montes Ibéricos y terminaba en lo llanos de Albacete.

El malogrado geólogo francés Robert Douvillé, en 1911, en su obra de conjunto sobre la geología española, no sólo consideraba que los movimientos postaquitanienses no habían pasado de los Montes Ibéricos, sino que, además, los anteriores,

o sea los pirenaicos, desaparecen a medida que se van internando desde los Montes Universales (Albarracín, etc.) hacia la Meseta, llegando a creer que el cretácico de la cuenca alta del Tajo está horizontal.

El profesor Sr. Hernández-Pacheco, cuando en 1912 encontró fuertes ondulaciones en las capas miocenas (margas yesíferas y calizas de los páramos) del centro de la cuenca del Duero, hacia Baltanás y Tariego (Palencia), llevado por las ideas predominantes aún entonces, al referirse a la curvatura de aquellas capas, en su importante monografía sobre el mioceno de Palencia, decía que «dudamos sea debida a empujes orogénicos; se trata de un hecho aislado, de un fenómeno local y toda suposición es prematura».

Vemos, pues, que ninguno de los geólogos que se habían ocupado de la orogenia o de la geología de la Meseta, indicaron en ella de un modo indudable movimientos orogénicos que durante el terciario, y, sobre todo, después del mioceno, plegasen sus estratos. En realidad, estas ideas no eran más que la natural consecuencia de la escasez de estudios detenidos y de conjunto de nuestro terciario, escasez que es también muy natural si se considera lo poco agradables que resultan las excursiones por las comarcas de este terciario y los pocos atractivos que presenta su estudio, por la dificultad de hallar abundantes fósiles y por la relativa monotoneidad de su estratigrafía.

Fué en 1917, al dar cuenta a la Real Sociedad Española de Historia Natural de los resultados de mis estudios sobre la comarca en donde está enclavada la Sierra de Altomira (provincias de Cuenca y Guadalajara), cuando por primera vez se habló de la existencia de un movimiento orogénico que hubiese plegado al mioceno de la Meseta, y fué poco después, estudiando más detenidamente la geología de aquella comarca, cuando pude ver que había dos movimientos: uno, que había plegado intensa y conjuntamente al cretácico y paleogeno, y otro, pos-

terior, que había interesado además al mioceno, incluyendo en él al pontiense. Impuesto de la importancia de estos hechos, quise confirmar su existencia en el resto del terciario ibérico, y en 1922 pude publicar ya resultados afirmativos en mi monografía sobre el mioceno continental de nuestra Península.

Consecuencia de estos estudios ha sido seguramente la evolución que se ha ido efectuando en las ideas sobre la tectónica de la Península, cuyo núcleo central, la Meseta, se había considerado como un horst inmóvil desde los movimientos hercianos.

El profesor Hernández-Pacheco, en 1922, en un interesante bosquejo de conjunto de la geología ibérica, admite ya la existencia de movimientos pirenaicos que plegaron los estratos cretácicos en la Sierra del Guadarrama y de fracturas que ahondaron la fosa del Tajo situada entre Toledo y la Cordillera Central, etc.; opina, además, que al final del mioceno y durante el plioceno se efectuaron movimientos póstumos, que para él son siempre de dislocación y de fractura, o sea movimientos en la vertical, los cuales dieron el aspecto tabular a las montañas levantinas, como ya había indicado el profesor Calderón, y produjeron el hundimiento de las fosas u óvalos mediterráneos de Suess, elevando en masa a las regiones centrales o meseta y originando como fenómeno concomitante los pliegues del mioceno que yo había señalado.

Más tarde, el mismo profesor Sr. Hernández-Pacheco, por estudios realizados en el valle de las Batuecas (Salamanca), vino a considerar que en la formación de la Cordillera Central se distinguían dos fases. Por la primera, o de los movimientos póstumos hercianos, se originaron dislocaciones por las cuales la cuenca del Duero quedó más alta que la del Tajo, formándose entre ambas un segmento que por la erosión de los tiempos mezosoicos dió origen a la Cordillera Central. Por la segunda fase, en época que cree corresponde al cretácico y eo-

ceno inclusive, coincidiendo con los movimientos pirenaicos, se produjeron otros movimientos de descenso en la vertical, a todo lo largo del borde de la cordillera, quedando ésta en alto y estable, mientras que por el N. se hundía la cuenca del Duero, originando los pliegues del cretácico de Sepúlveda (provincia de Segovia), y por el S. lo hacia todo el valle del Tajo, y en particular la fosa toledana. Esta Cordillera Central estaba ya consolidada al final del terciario, y no dejó pasar los movimientos postpontienses por mí indicados. En este trabajo considera ya como orogénicos los pliegues del mioceno de Baltanás y Tariego (Palencia) anteriormente indicados y por él observados, coincidiendo en este punto con mis apreciaciones. Resumiendo lo dicho, se observa que en estos trabajos no se llega aún a considerar a los pliegues del cretácico superior y eoceno de la Meseta, así como a los del mioceno, como resultado de empujes laterales, sino, por el contrario, se cree que son producidos por movimientos de hundimiento en la vertical.

El profesor Fallot, de Nancy, en su tan concienzuda monografía sobre la sierra de Mallorca, al hablar de los movimientos por mí señalados, considera al primero como de edad pirenaica; en recientes trabajos llevados a cabo con el doctor Bataller, de Barcelona, los considera ya como alpinos, para la zona comprendida entre el Ebro y el Mediterráneo, y a los pliegues del pontiense de Teruel, por nosotros también observados anteriormente, los creen como originados por movimientos retardados de los anteriores; pero no encuentran satisfactoria esta explicación para los de otras comarcas, como son los de Cuevas de Vinromá (Castellón), por mí también indicados.

En los sucesivos párrafos voy a estudiar los principales hechos por mí observados, con el fin de deducir la naturaleza de estos movimientos y poder llegar a fijar la época en que se realizaron.

DATOS LOCALES⁽¹⁾

CUENCA DEL DUERO.—Tanto la estratigrafía como la tectónica de esta cuenca son relativamente sencillas comparadas con la de las del Tajo y del Ebro. Aquí no ha penetrado el mar desde el final del cretácico, faltando, por tanto, sedimentos marinos terciarios; no existen tampoco, excepto al S. de Soria, las grandes masas de margas grises yesíferas del paleogeno, que tan extendidas están en aquellas otras cuencas. Sus sedimentos son en su mayoría detríticos, estando limitadas las formaciones yesíferas que aquí son claramente miocenas, a la parte central de la cuenca y al estrecho de Burgos.

El paleogeno, del cual el eoceno está bien determinado, ocupa el borde occidental de la cuenca y parte del oriental, especialmente la prolongación de Salamanca a Ciudad Rodrigo y la de Soria a Burgo de Osma. No está aún bien delimitado, y aunque yo he hecho ya un primer bosquejo de su distribución en el mapa que acompaña a la Guía del Terciario de Burgos, no puede tomarse aún como definitivo, pues en particular en la región oriental, en la prolongación dicha de Burgo de Osma a Soria, es muy posible que aquél tenga mayor extensión a causa de que se confunde fácilmente con el mioceno, ya que ambos presentan aquí facies muy parecidas.

Tectónica.—El eoceno en las comarcas de Salamanca y Zamora se apoya directamente en el paleozoico y en el agnoso-tozoico, presentando todo él un buzamiento general más o menos ligero hacia el SE. He podido observar, además, pliegues en varios sitios, como, por ejemplo, en Aldehuela de la Bóveda, con dirección NE.-SO.; otros en Ciudad Rodrigo, cuya dirección varía desde la N.-S. a la NE.-SO.; en la pro-

(1) Consultese el bosquejo tectónico que acompaña.

vincia de León, en donde está confundido en parte con el cuaternario, como en Campazas, lo he podido ver formando también pliegues más o menos fuertes. Prado, en 1864, indicaba ya la existencia de pliegues junto a la Cordillera Cantábrica.

En la región oriental de la cuenca el eoceno se apoya sobre el secundario, y cuando lo hace particularmente sobre el cretáceo superior se presenta en concordancia con él; este hecho ha podido ser comprobado también por el profesor San Miguel, de Barcelona, en las cercanías de Santo Domingo de Silos, provincia de Burgos. Forma generalmente fuertes pliegues, llegando a presentar sus capas en posición vertical; puede estar además muy fracturado, y todo esto no sólo junto a la Cordillera Central, sino más especialmente en las proximidades del macizo de Urbión y de la Demanda. La dirección de sus capas y pliegues es en general paralela a los bordes de la cuenca, a la cual han dado forma. En Burgo de Osma, localidad situada en el centro de la parte más estrecha de la prolongación terciaria hacia Soria, existen varios fuertes anticlinales cretácicos acompañados de estratos eocenos concordantes.

El mioceno es en esta cuenca en donde se presenta menos plegado. Como hecho general encontramos un buzamiento ligero de todas las capas hacia el cauce del Duero, y así, por ejemplo, se puede notar que poblaciones como Palencia y Carrión de los Condes, distantes entre sí unos 40 kilómetros y con una diferencia de altitud de unos 100 metros, se encuentran situadas en el mismo horizonte mioceno; Burgos y Valladolid tienen también gran diferencia de altitud, y, sin embargo, están igualmente en idéntico horizonte. Desde Aranda de Duero hasta Alhama de Aragón forma en conjunto un sinclinal cuyo eje coincide próximamente con el cauce del Duero. Lo mismo ocurre en el estrecho de Burgos con el valle del Arlanzón.

Pero aparte de estos buzamientos generales y pliegues de conjunto, que pudieran aún considerarse como debidos a la sedimentación, tenemos accidentes de detalle de gran importancia. Desde Cidores, en la provincia de Burgos, hasta los valles del Cerrato, existe una extensa zona de pliegues más o menos fuertes y siempre de gran longitud, pero de corto radio, los cuales van dirigidos próximamente de NNE.-SSW. Así pueden verse plegadas las calizas y margas superiores entre Villanueva de Argao y Cidores (fig. 4.º); entre Osorno la Mayor y Melgar de Fernamental (Palencia), se ven las capas con ligero buzamiento al E.; el río Arlanzón, desde Burgos hasta su confluencia con el Pisuerga, corre en ciertos trozos de su trayecto por suaves sinclinales, y así se ven capas inclinadas hacia el valle en Villodrigo (Palencia) y Palazuelos (Burgos). Hacia el extremo S. de esta zona, en los valles del Cerrato, ha citado el Sr. Hernández-Pacheco pliegues en las margas yesíferas y calizas de los páramos de entre Hornillos de Cerrato y Baltanás y en los de Tariego. Estos pliegues, que, como ya he dicho anteriormente, fueron considerados en un principio por este profesor como fenómenos locales sin re-

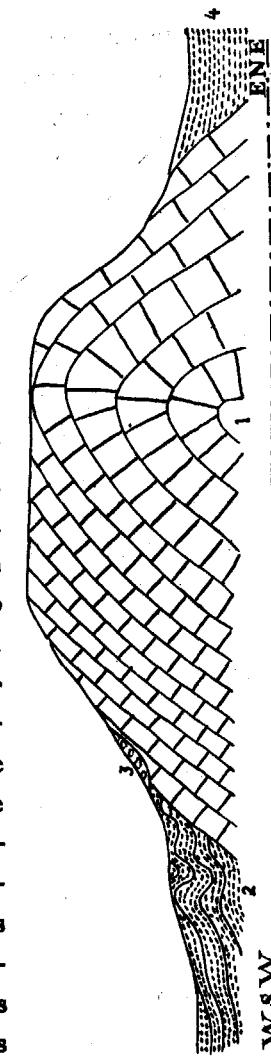


Fig. 1.º
Contacto del mioceno con el cretácico en la Sierra de Atapuerca (Burgos). 1, calizas cretácicas; 2, arcillas y arenas toroníenses y sarmatienses; 3, conglomerados cuaternarios antiguos; 4, aluviones cuaternarios más modernos.

lación alguna con movimientos orogénicos, fueron incluidos más tarde por él mismo entre los efectos de estos últimos movimientos.

En el estrecho de Burgos, zoná que une a los dos terciarios de las cuencas del Duero y del Ebro, aparecen también hechos muy importantes. Aparte de la forma ya indicada de sinclinal que tiene el conjunto, se observan accidentes dignos

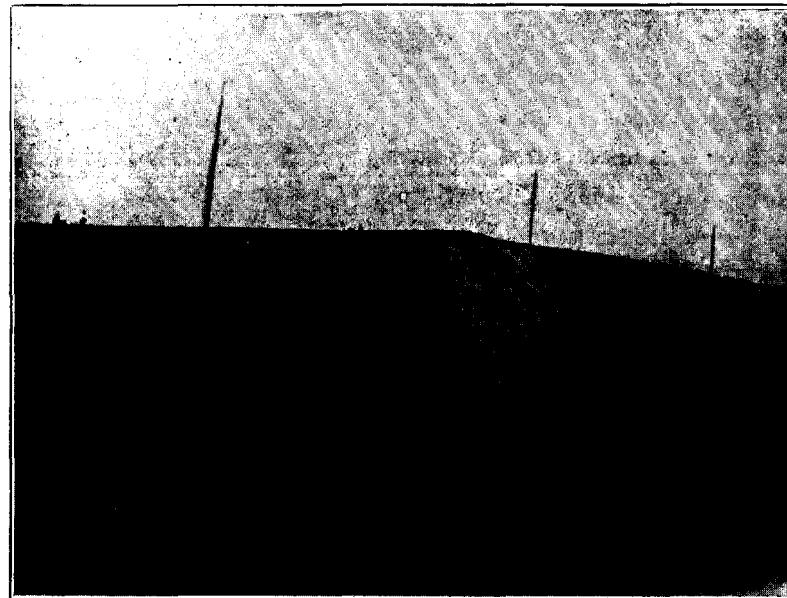


Fig. 2.^a

Capas tortonienses y sarmatienses plegadas junto al cretácico de la Sierra de Atapuerca, Ibeas de Juarros (Burgos).

de tener en cuenta en el contacto con el mesozoico y especialmente con el cretácico. Así se nota al N. de Burgos junto a las sierras cretácicas de Ubierna y Gredilla la Polera, orientadas casi de E. a O., que los estratos miocenos se levantan para buzar al S. y SE. con inclinaciones que llegan hasta los 40 grados; correspondiéndose con estos buzamientos, ya cerca

de Burgos, en Sotragero, forman pliegues las arcillas de la base. Más a Levante, en Quintanavides, los yesos y margas miocenas en el contacto con el cretácico se elevan enormemen-

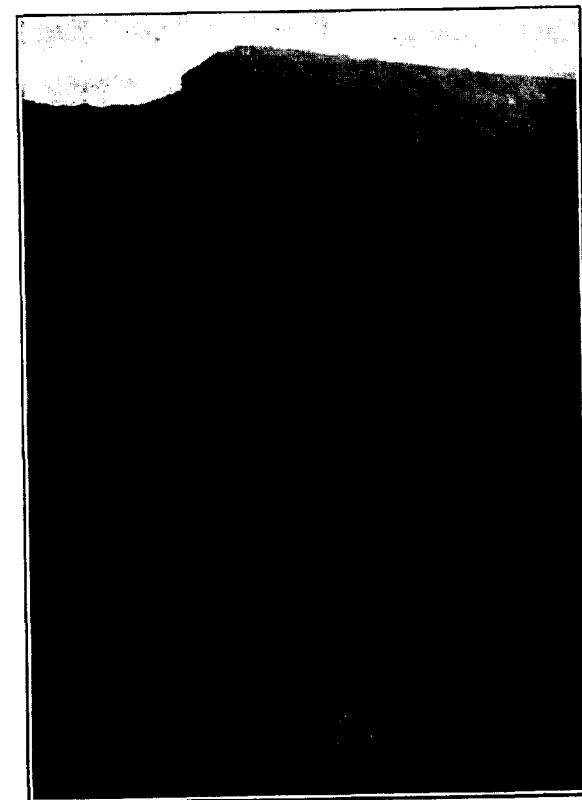


Fig. 3.^b

Capas tortonienses y sarmatienses plegadas fuertemente en el contacto con el cretácico superior de la Sierra de Atapuerca, Ibeas de Juarros (Burgos).

te y presentan un fuerte buzamiento S.-SE. En Briviesca se ve al mioceno formar anchos y suaves pliegues dirigidos casi de NE. a SO. y levantarse hacia el secundario. Más allá aún, en Parcorbo, se ve a las arcillas miocenas completamente trastornadas, como si materialmente hubieran sido empujada por

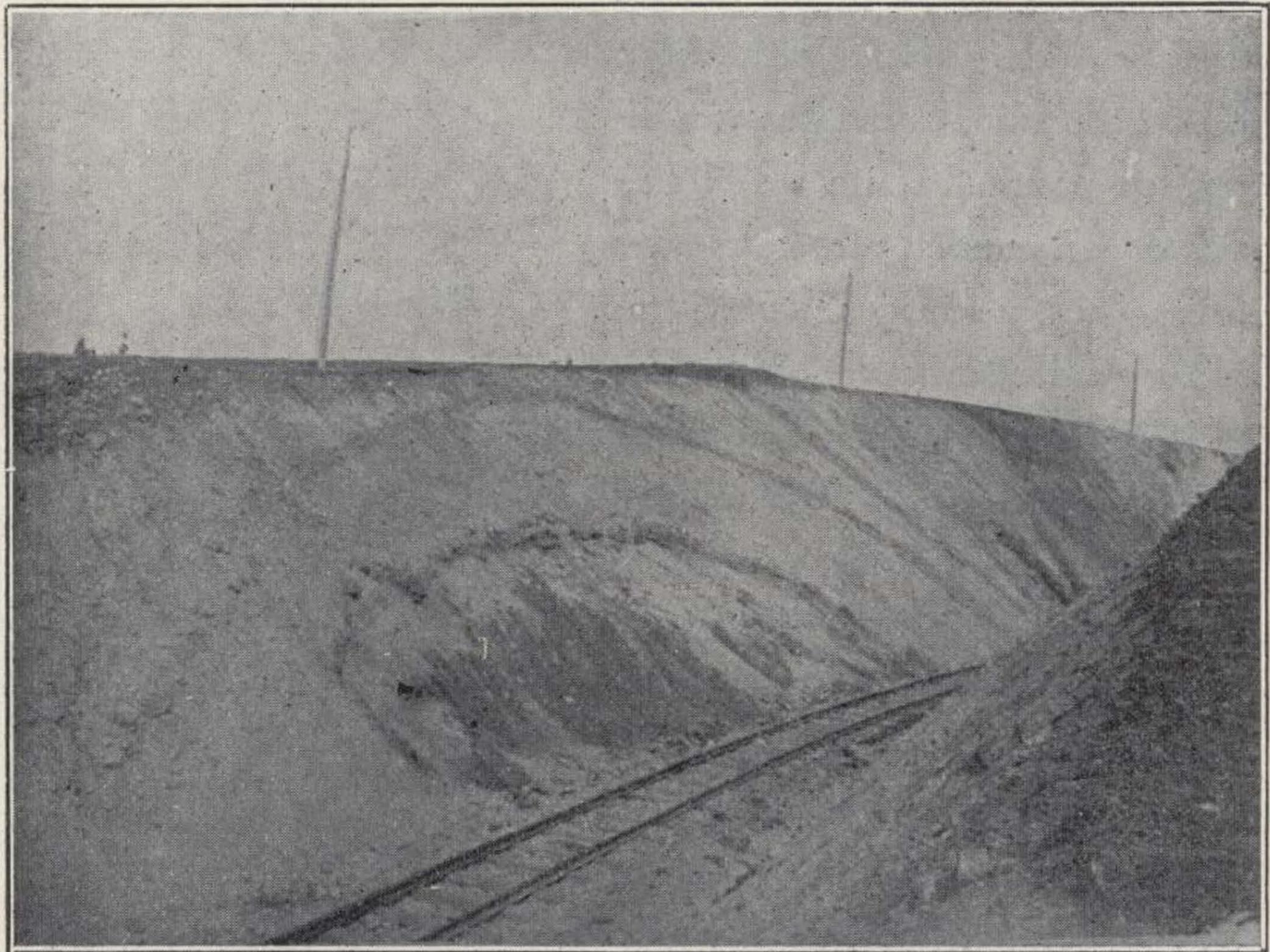


Fig. 2.^a

Capas tortonienses y sarmatienses plegadas junto al cretácico de la Sierra de Atapuerca, Ibeas de Juarros (Burgos).



Fig. 3.^a

Capas tortonienses y sarmatienses plegadas fuertemente en el contacto con el cretácico superior de la Sierra de Atapuerca, Ibeas de Juarros (Burgos).

el cretácico allí existentes y mostrando fuertes y menudos pliegues y numerosas superficies de resbalamiento con formación de yeso fibroso y nacarado.

En la Sierra de Atapuerca, anticlinal cretácico que aparece en medio de este terciario, se presenta el mioceno en la vertiente occidental de aquélla con pliegues de corto radio, pero fuertes, que van dirigidos de E.-O. y aun de SE.-NO. (figuras 1.^a a 3.^a). Notándose allí, como en Pancorbo, que el mioceno ha sido comprimido por el cretácico.

Todo el terciario del estrecho de Burgos está mucho más elevado que el de la cuenca del Duero, pasando en algunos sitios de los 1.100 metros y viéndosele descender suavemente hacia el centro de aquélla.

CUENCA DEL EBRO.—Esta cuenca, completamente cerrada por altas cordilleras, del mismo modo que la del Duero, no presenta actualmente comunicación con las restantes cuencas, excepto con aquélla mediante, el que hemos llamado estrecho de Burgos. Parece natural que a causa de esta comunicación la constitución estratigráfica fuera en ambas semejante, pero a poco que examinemos su geología se notará que son diferentes y que es precisamente con la cuenca del Tajo con la que presenta mayores analogías, a pesar de estar actualmente bien separadas.

En un reciente trabajo (*Edad de las formaciones yesíferas*) he podido demostrar plenamente las analogías, tanto paleogeográficas como estratigráficas que guardan entre sí las dos cuencas del Ebro y Tajo y aun la de Calatayud-Teruel. Algunas de estas analogías, tales como la existencia de estratos marinos en las dos primeras y de potentes formaciones yesíferas paleogenas en todas ellas, las diferencian bien de la del Duero. En ese mismo trabajo he probado también que el mioceno, cuya existencia para esta cuenca era aún dudosa por la falta de fósiles, se presenta bien desarrollado y con los mismos caracteres que en las restantes cuencas.

Resumiendo las observaciones hechas en esta cuenca por los Sres. Vidal, Depérét, Born, Marín y por mí mismo, se ve que su estratigrafía está formada de la siguiente manera: En la base se muestra el eoceno, el cual es marino en toda la parte septentrional, pero desde una línea que pasa por el N. de Huesca y de Lérida se hace ya continental a partir del bartoniense; el oligoceno se muestra aún marino al O. de Pamplona. En el resto, desde el bartoniense hasta el oligoceno medio, existe una serie no interrumpida de estratos formados principalmente por margas yesíferas y sales sódicas y potásicas, conglomerados y areniscas, los cuales contienen en su parte superior los importantes yacimientos con *Ancodus aymardi* y *Brachiodus cluai*, de Tárrega y Calaf (Lérida), estudiados por los Sres. Depérét y Vidal. Sobre este conjunto, y en discordancia lagunar y aun angular, viene el mioceno superior (tortoniense a pontiense), formado por capas detríticas en su mayoría, en las cuales han aparecido los yacimientos con *Potamides tricinctum*, de Moneva (Zaragoza) y Arnedillo (Logroño), por mí estudiados, y el de Monteagudo (Navarra), con *Hipparium gracile*. En la provincia de Logroño, y separado del resto del terciario, se encuentran capas del plioceno antiguo con *Hipparium crassum*, cuyo estudio ha efectuado el Ingeniero Sr. Carvajal.

La delimitación exacta en superficie de todos estos terrenos no se ha efectuado aún, en particular en la zona septentrional, que es en donde están más plegados, pero de todos modos vamos a ver de aprovechar el mayor número de datos posible.

El profesor Born, de Charlottenburgo, que ha estudiado últimamente toda la cuenca, coincidiendo con los estudios de los geólogos españoles que le han precedido, encuentra las capas del terciario continental formando pliegues orientados paralelamente a los bordes de la cuenca, o sea a las sierras mesozoicas y del eoceno marino que la circundan. Estos pliegues en

donde se encuentran más marcados es hacia el extremo NO. de la cuenca, por toda la parte septentrional y especialmente hacia el extremo NE. A éstos se puede agregar otros que he podido observar al S. de Zaragoza, en Moneva, ya hacia el límite meridional de la cuenca (fig. 5.º).

Los pliegues de la región NO., o sea hacia las provincias de Logroño y Navarra (Arnedo, Peralta, etc.), interesan no sólo al paleogeno sino también al mioceno. Este último está bien representado desde Tudela hacia Haro por estratos rojizos y amarillentos de origen detritico, conglomerados, areniscas y arcillas, que hasta en el paisaje, por sus páramos y profundas cárcavas, tienen aspecto muy semejante al mioceno, también detritico, de Alcalá de Henares (Madrid). Cerca del cauce del Ebro he podido ver estas capas, en gran número de localidades, en discordancia completa con los aluviones de las terrazas cuartenarias que los recubren. Desde Calahorra a Lodosa se pueden ver muy bien los pliegues fuertes del mioceno recubiertos por dichos aluviones.

Ya en Haro, en el congosto llamado las Conchas, que une la cuenca de Miranda de Ebro con la de Logroño, aparecen capas de conglomerados y de areniscas rojas fuertemente plegadas contra el cretácico, que allí se presenta casi vertical.

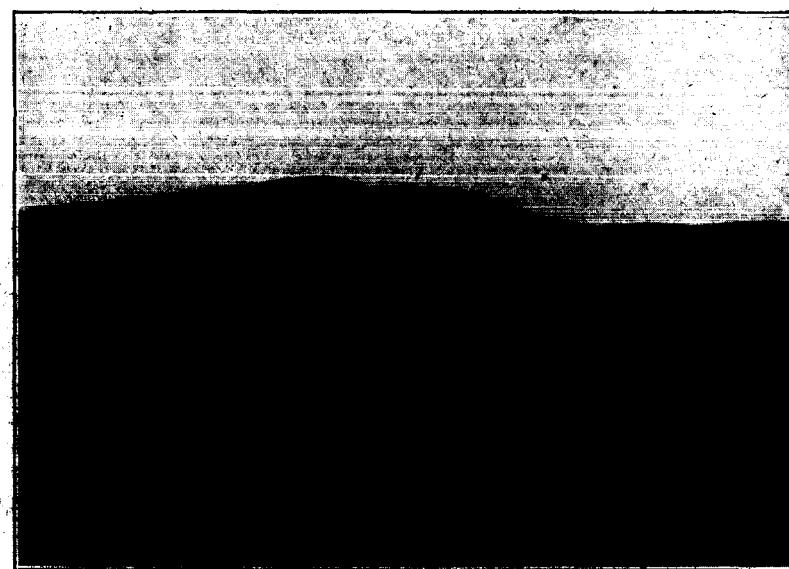
Desde Logroño a Burgos el mioceno, como ya se ha dicho anteriormente, ha sido tan elevado, que es allí en donde alcanza las mayores altitudes de toda la Península.

Más al S., en el trayecto del ferrocarril de Épila a Zaragoza, las margas grises yesíferas se presentan en la primera localidad levantadas buzando hacia el Ebro y en Rueda están plegadas.

Al S. de Zaragoza las margas grises yesíferas, que alcanzan grandes extensiones, se presentan onduladas y se van levantando hacia el borde de la cuenca de tal manera, que en Valmadrid, que se encuentra a unos 40 kilómetros en linea

Fig. 4.^a

Piegues suaves de las calizas pontianas del interior de la cuenca del Duero, Páramo de Cidores (Burgos).

Fig. 5.^a

Desordenanza de las areniscas y arcillas rojas paleogenas con los conglomerados miocenos; Moneva (Zaragoza).

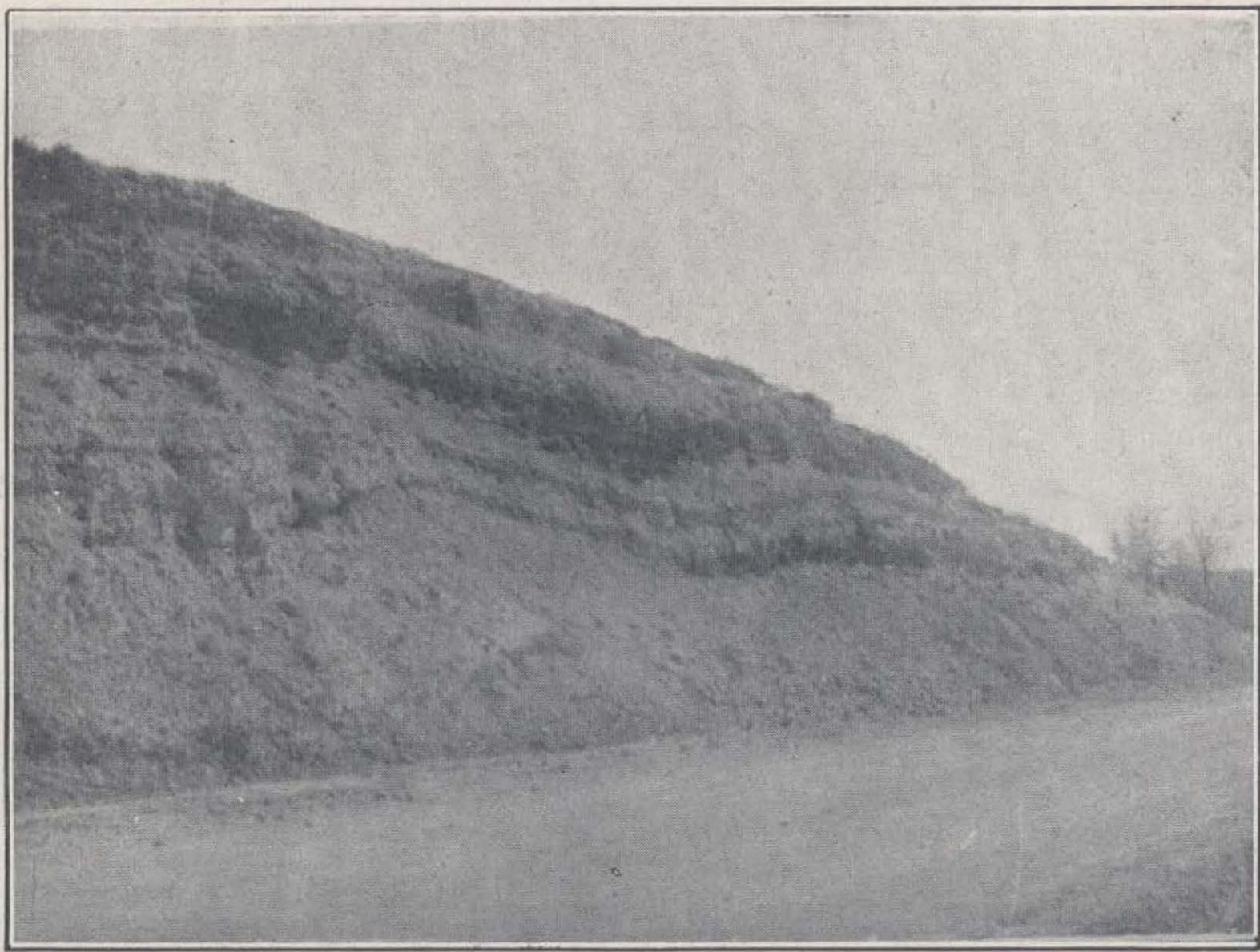


Fig. 4.^a

Pliegues suaves de las calizas pontienses del interior de la cuenca del Duero, Páramo de Cidores (Burgos).

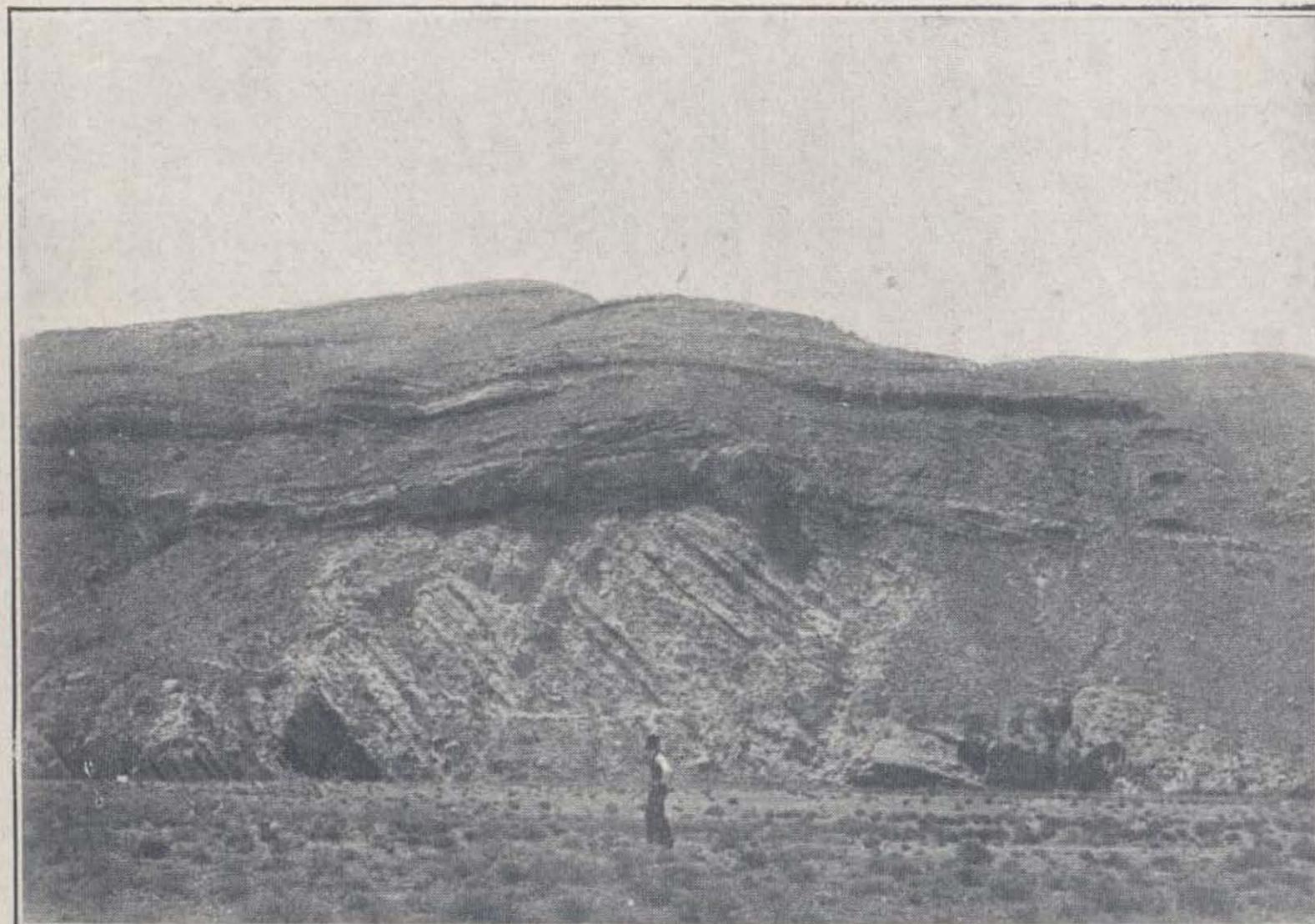


Fig. 5.^a

Discordancia de las arenas y arcillas rojas paleogenas con los conglomerados miocenos; Moneva (Zaragoza).

recta de Zaragoza, tienen una diferencia de altitud de algunos centenares de metros. Ya en Valmadrid aparecen sobre estos estratos yesíferos paleogenos otros de margas blanquecinas y rojizas y aun arenas que son claramente miocenas, conjunto que cerca de La Puebla y sobre el jurásico de la sierra de Belchite alcanza un espesor considerable y se muestra plegado y buzando en masa hacia el pueblo. Más al S., por debajo de estas capas, aparecen conglomerados que llegan a ser bastante potentes junto al mesozoico, los cuales en el pantano de Moncova se presentan en fuerte discordancia angular sobre un conjunto de estratos sabulosos y arcillosos, también rojizos y de origen continental, que buzan fuertemente hacia el interior de la cuenca y que al parecer son de edad eocena (fig. 5.^a). Sobre aquellos conglomerados aparecen, algo más al S., una serie de capas blanquecinas formadas por margas muy arcillosas y arenas que contienen lechos de lignitos y de moluscos exactamente iguales a los de Castrillo del Val (Burgos), indicándonos claramente su edad sarmatiense. Todos estos estratos forman pliegues dirigidos de ESE. a WSW.

Hacia el SE., en Alcorisa, han encontrado recientemente los Sres. Fallot (P.) y Bataller (J. R.), entre las capas del terciario, otra discordancia igual a la anteriormente indicada, y lo mismo ocurre en la región del Alto Huerva, según me comunica el Ingeniero de Caminos D. Clemente Sáenz.

En la parte septentrional de la cuenca, región que ya no he tenido ocasión de visitar, pero que ha sido estudiada por diversos geólogos, es en donde el terciario continental forma más fuertes pliegues, especialmente hacia las proximidades del eoceno marino y del mesozoico. Desde el NO. de Barbastro, o sea desde Abiego, aparecen una serie de fuertes pliegues con el eje integrado por las margas yesíferas, que, orientados en un principio próximamente de WNW. a ESE., al llegar al N. de Tárrega y Cervera cambian y se dirigen hacia el NE.,

es decir, que forman plegamientos que bordean al macizo del Montsec y siguen las ondulaciones de su contorno. En esta región también existe el horizonte superior de las margas y areniscas rojas, según indican los distintos geólogos que de ello se han ocupado, y sus capas se presentan plegadas de la misma manera que las margas grises yesíferas, aunque siempre con menor intensidad.

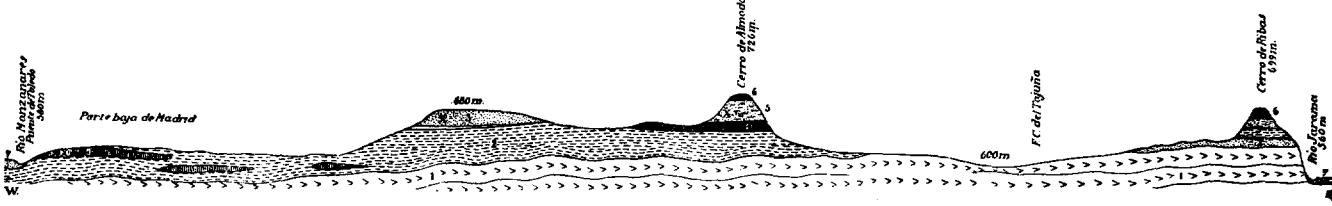
El conjunto de todos los estratos de la cuenca buza hacia el eje de ésta, o sea hacia el cauce del Ebro, formando así una cubeta tectónica, la cual, a su vez, por la serie de fallas que la bordean, sobre todo por el N., lejos ya del terciario continental, se podría considerar como la zona central de una fosa tectónica parcial con ciertas analogías con el valle del Guadalquivir.

CUENCA ALTA DEL TAJO.—La estratigrafía de esta cuenca es igual a la del Ebro, como he demostrado en el trabajo anteriormente indicado (*Edad de las formaciones yesíferas*). Este hecho no debe de extrañarnos si consideramos que han tenido casi idénticas condiciones paleogeográficas durante el terciario, pues las dos han estado abiertas hacia el mar durante el paleogeno, y aun la del Tajo durante el mioceno hasta el tortoniense, por Albacete y Murcia. Si la del Ebro nos presenta sedimentos eocenos marinos en su parte septentrional y oligocenos más allá de Navarra y Vitoria, indicándonos que era por allí la comunicación con el mar, la del Tajo nos muestra hacia las provincias mediterráneas, Alicante y Murcia, sedimentos de aquella edad, y en la de Albacete hasta del mioceno inferior (helveciense). Además, en la del Tajo tenemos un testigo en Toledo, que nos demuestra la existencia de una penetración marina paleogena.

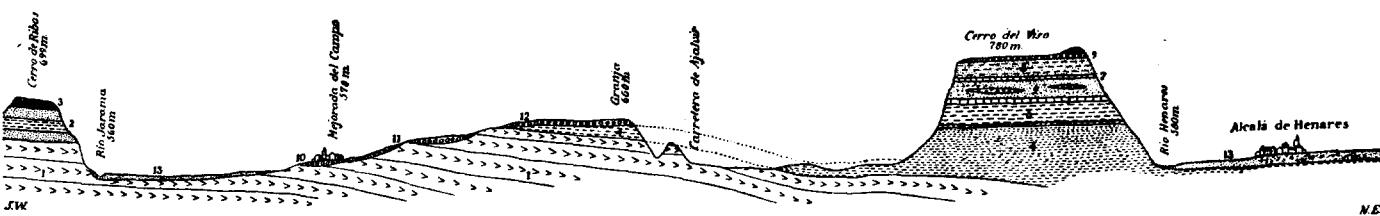
Encontramos aquí, en concordancia con las calizas cretácicas, un grupo de conglomerados y areniscas del mismo tipo que las de Salamanca, es decir, eocenas y probablemente lute-

cienses. Tales son las areniscas de Sacedón, Sayatón, Huete, La Toba, etc. Sobre ellas, y en completa concordancia, vienen las margas grises con yesos y sales solubles, iguales a las que en la cuenca del Ebro están colocadas debajo de las capas sanguisinas de Calaf y Tárrega. Aquí también se presentan en espesores de más de 200 metros por debajo de los estratos miocenos, con los que están en discordancia angular hacia los bordes de la cuenca y en discordancia por erosión y falta de depósito en el centro de ella. Estas capas representan, pues, aquí también al eoceno superior y quizás al oligoceno inferior. Se las encuentra bien desarrolladas y con pocos sedimentos miocenos que las recubran desde Madrid a Aranjuez, y más o menos recubiertas en el N. de la provincia de Guadalajara, en La Toba, Jadraque, Baides, Cendejas de la Torre, etc. Estas margas yesíferas han sido confundidas con las sarmatienses; pero en el trabajo citado demuestro lo errónea de esa determinación.

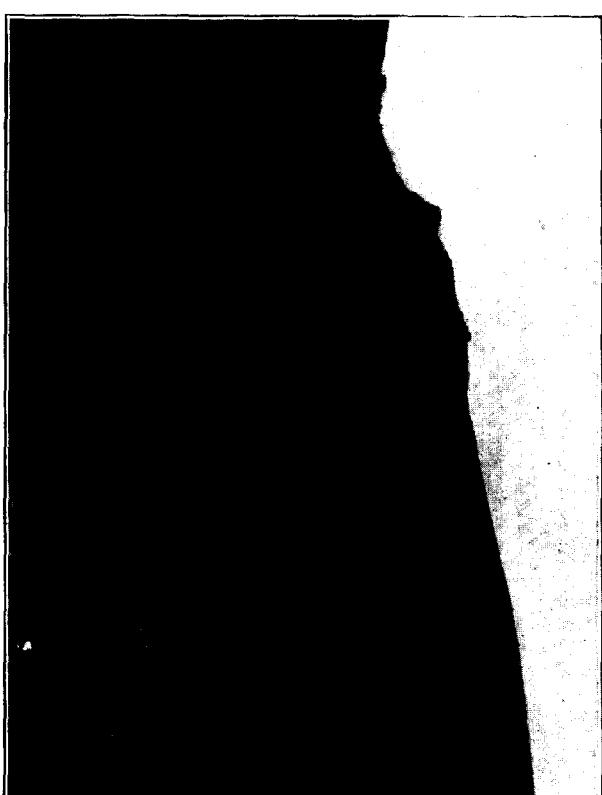
Recubriendo a dichas margas vienen los estratos miocenos, constituidos de la misma manera que los del Duero y Ebro. Un horizonte inferior de conglomerados, areniscas y arcillas rojizas, amarillentas y verdosas (tortoniense); otro medio de margas de los mismos colores que las anteriores y a veces blanquecinas, en las cuales se encuentran silex y sepiolita, y en su base los yacimientos de vertebrados de Madrid (figs. 6.^a y 7.^a), Vallecas, Alcalá de Henares, con *Testudo bolivari*, *Anchitherium aurelianense*, *Mastodon angustidens*, etc. (sarmatiense). Estas margas pueden ser yesíferas, como ocurre en gran parte de la Alcarria; pero en este caso son siempre de aspecto distinto a las paleogenas de Vallecas, Aranjuez, etc. También pueden estar sustituidas por arenas y areniscas como en la cuenca del Duero. Por último viene un horizonte superior de calizas de los páramos, a las cuales pueden acompañar margas blanquecinas, conglomerados y arenas amarillo-rojizas. Tam-

Fig. 6.^a

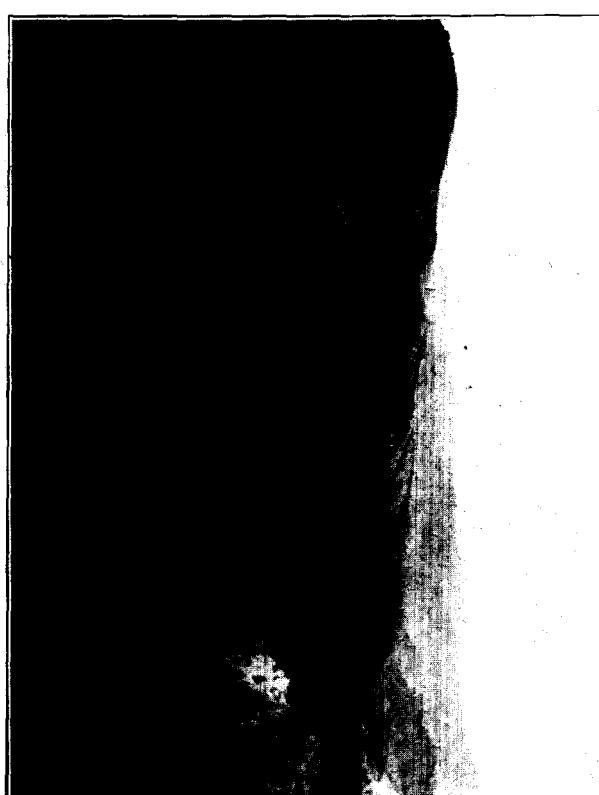
Corte geológico de Madrid al cerro de Ribas: 1, margas yesíferas de Vallecas (eoceno superior); 2, arcillas glauconíferas con capas y lentejones de margas blanquecinas, con los yacimientos de vertebrados del río Manzanares (puente de la Princesa, Hidroeléctrica, puente de Toledo, etc.); 3, arenas amarillentas con el yacimiento de *Anchitherium aurelianense* del Puente de Vallecas; 4, capa de sepiolita; 5, arcillas verdosas y arenas amarillentas con *Testudo bolívvari*; 6, silex y algún lecho calcáreo (2 a 6, miocenos); 7, aluviones actuales; X, yacimientos con vertebrados miocenos. Longitud del corte: 17 kilómetros.

Fig. 7.^a

Corte geológico desde el cerro de Ribas hasta Alcalá de Henares (continuación del de la figura 6.^a): 1, margas grises yesíferas de Vallecas (eoceno superior); 2, arcillas verdosas y arenas amarillentas con *Testudo bolívvari*; 3, silex y lechos calizos; 4, arenas arcillosas pardo-rojizas oscuras; 5, arcillas y margas con lechos calcáreos; 6, arenas arcillosas con lechos de cantos rodados; 7, margas verdosas y arenas con *Testudo bolívvari*; 8, arenas micáceas; 9, conglomerados y calizas de los páramos (2, 3 y 5 a 9, mioceno); 10 a 12, terrazas cuaternarias; 13, aluviones modernos. Longitud del corte: 18 kilómetros. (La inclinación de los estratos está algo exagerada debido a la escala de alturas.)

Fig. 9.^a

Plegues del cretácico superior de Barajas de Melo (Cuenca), en el centro de la cuenca alta del Tajo.

Fig. 8.^a

La Sierra de Almonacid, de la alineación de Altomira. Cretácico superior y terciario plegados en el centro de la cuenca alta del Tajo.



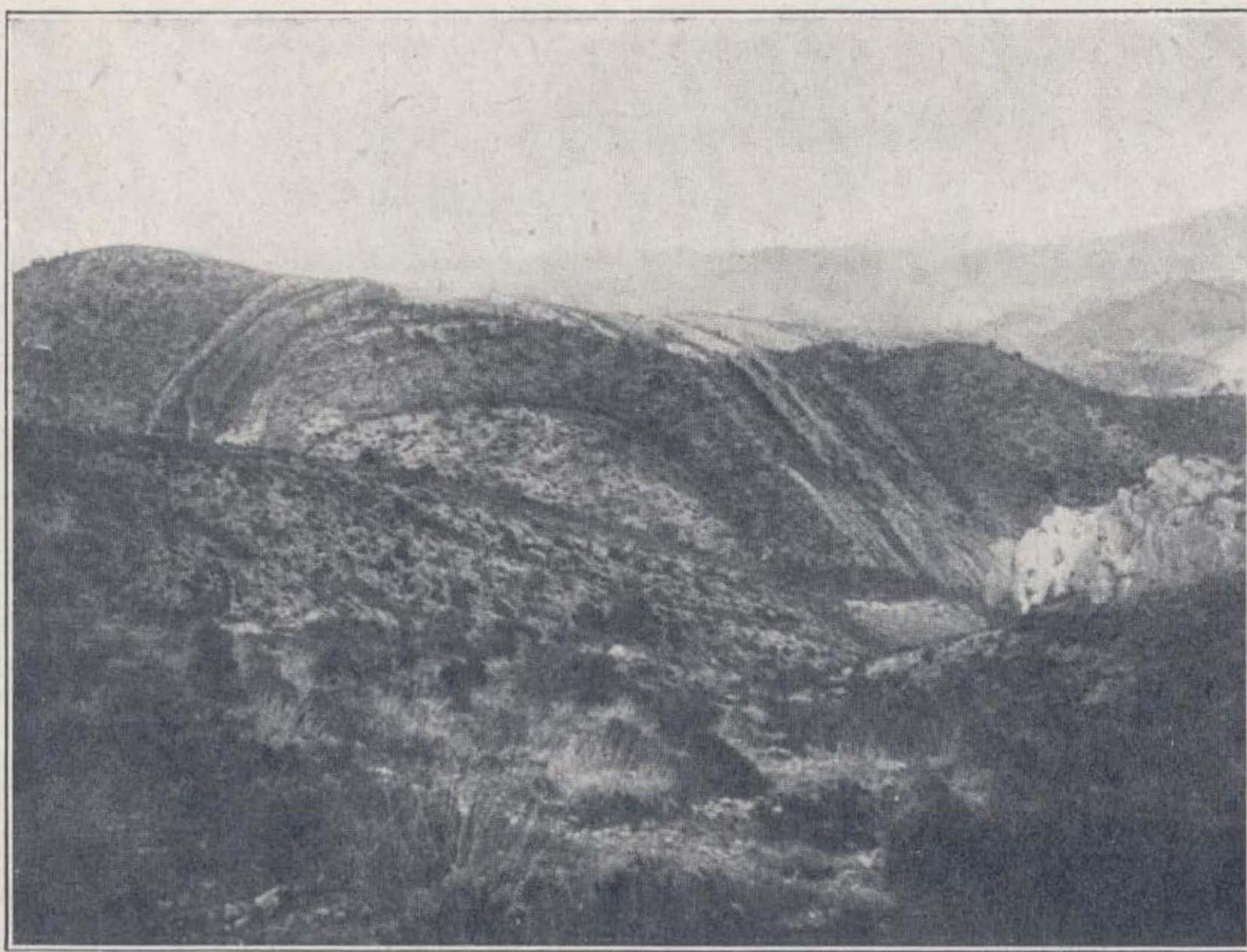


Fig. 8.^a

La Sierra de Almonacid, de la alineación de Altomira. Cretácico superior y terciario plegados en el centro de la cuenca alta del Tajo.



Fig. 9.^a

Pliegues del cretácico superior de Barajas de Melo (Cuenca), en el centro de la cuenca alta del Tajo.

poco los yesos faltan en el pontiense, pues entre ellos han aparecido los vertebrados de la Puebla de Almoradier (Toledo), pertenecientes a *Hipparium gracile*, *Gazella desperdita*, etcétera. Los moluscos son muy frecuentes en este horizonte.

Ha sido en esta cuenca, al hacer el estudio de la Sierra de Altomira (provincias de Guadalajara y Cuenca), donde pude indicar, por primera vez, que los estratos miocenos habían sido plegados por un movimiento orogénico.

Los estratos paleogenos, juntamente con los cretácicos, son los que están más plegados y más trastornados. Así los encontramos no sólo en la Sierra de Altomira, que está emplazada casi en el centro de la cuenca, sino también en los bordes de ésta. En aquella sierra, los pliegues (figs. 8.^a a 10) están dirigidos casi de N. a S. y se tumban hacia el O., y en los límites de la cuenca son siempre paralelos a estos bordes, y así los encontramos con direcciones muy variadas: en La Toba (provincia de Guadalajara), en el ángulo septentrional y mitad occidental de la cuenca, los pliegues van en dirección NE.-SW., mientras que entre la Cabrera y Redueña corren en dirección ENE. y en la comarca de Cifuentes y Trillo llegan a orientarse de E. a W. En Toledo, los plegamientos tienen dirección NW.-SE.

En las proximidades de dicha Sierra de Altomira se pueden observar gran número de estos efectos. El valle del río Mayor, entre Huete y Moncalvillo, está abierto en la charnela de un anticlinal de areniscas y margas grises yesíferas (fig. 11). Estos mismos estratos aparecen inclinados al E., junto a aquella sierra, desde Chillarón del Rey hasta más allá de Alcázar del Rey, formándose, en su continuación hacia Levante, diversos pliegues, tales como el indicado del río Mayor y otros de Buendía, pliegues que son paralelos entre sí y dirigidos casi de N. a S. A Poniente de aquella alineación montañosa, en particular desde Auñón a Albalate de Zorita, se encuentran no

sólo las areniscas, sino también las margas de capas delgadas y de colores abigarrados propios de esta edad, constituyendo un gran anticlinal desmantelado, cuyo eje va de N. a S.

En cuanto al mioceno, tenemos primeramente la discordancia que presenta con el paleogeno, discordancia que es angular allá en donde este último está muy plegado, como es en los bordes de la cuenca y en las proximidades de la Sierra de Altomira, mientras que otras veces es tan sólo lagunar o por erosión (figs. 6.^a y 7.^a). La primera se observa bien al N. de Jadraque, en Cogolludo, Cendejas de la Torre, Baides, Viana de Mondéjar, Sacedón, Auñón (provincia de Guadalajara), etc.; la segunda, a todo el S. de Madrid.

Los pliegamientos orogénicos al S. de Madrid (Vallecas, Chinchón, Aranjuez, etc.), están a veces enmascarados por otros de origen local, debidos a hundimientos producidos por redisolución de los yesos paleogenos, lo cual hace que esta zona sea la menos apropiada para estudiar los fenómenos orogénicos, pues con gran facilidad se puede llegar a conclusiones erróneas. Sin embargo, cuando se hace un estudio profundo de cada uno de aquellos fenómenos, en la mayoría de los casos puede llegarse a diferenciar unos pliegamientos de otros.

En general, la dirección de los pliegues del mioceno coincide con la de los eocenos, siendo aquellos algo más atenuados (figs. 12 y 13), aunque en algunos casos, como en Torrelaguna (Madrid), sus estratos llegan a ser completamente verticales.

A los dos lados de la Sierra de Altomira los pliegues se muestran algo divergentes a partir del N., y así, mientras los de Levante van casi de N. a S. (Chillaron del Rey hacia Huete), los de Poniente se desvian algo hacia el SSW. (Alocén a Tarancón, Horce a Guadalajara, Valdemoro a Añover y Barcience). En los bordes de la cuenca la dirección de sus buzamientos y pliegamientos depende de la que tengan los límites del secundario y eoceno.

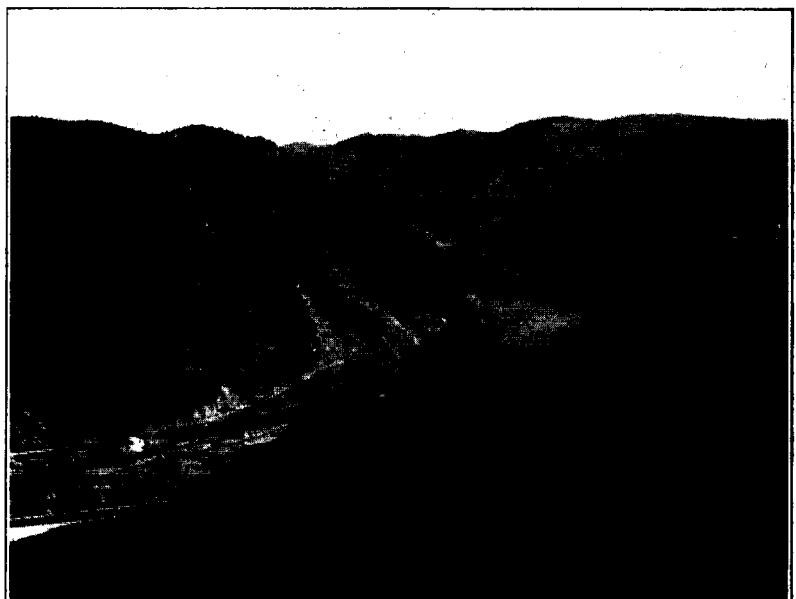


Fig. 10.

Cretácico superior y terciario de la presa de Bolarque, Sayatón (Guadalajara). Alineación de Altomira.

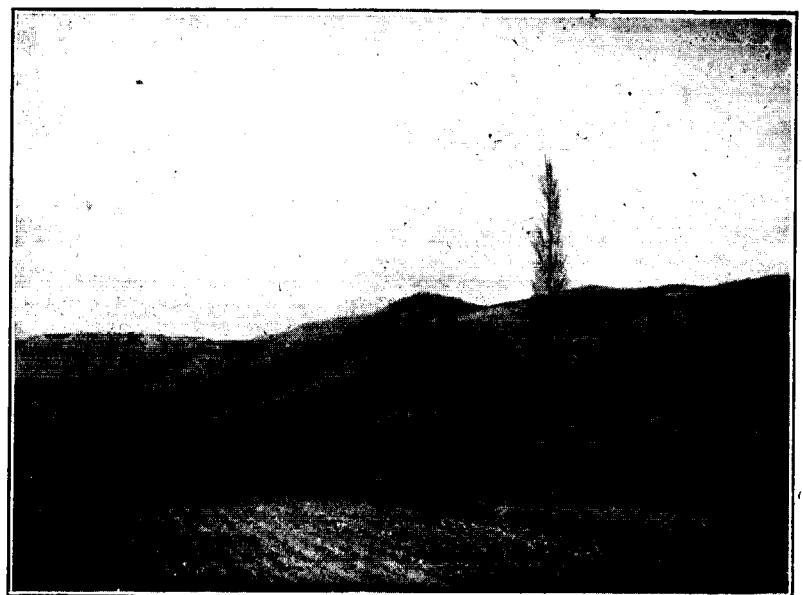


Fig. 11.

Areniscas y margas yesíferas eocenas constituyendo el flanco occidental del anticlinal del río Mayor, Huete (Cuenca).

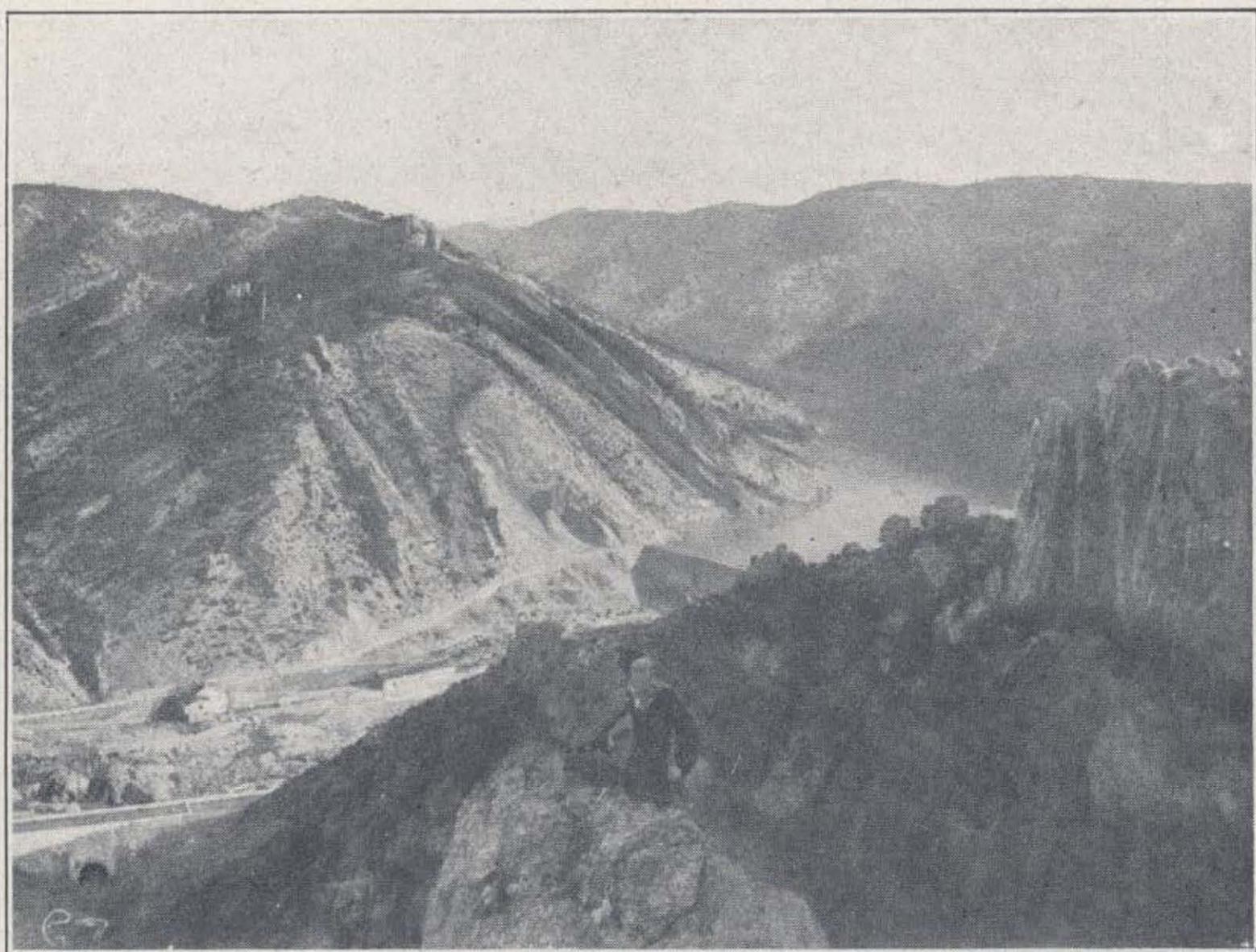


Fig. 10.

Cretácico superior y terciario de la presa de Bolarque, Sayatón (Guadalajara). Alineación de Altomira.



Fig. 11.

Areniscas y margas yesíferas eocenas constituyendo el flanco occidental del anticlinal del río Mayor, Huete (Cuenca).

Además de los ya citados tenemos como ejemplos de pliegues los que forman en el centro de la cuenca las calizas que coronan los páramos de Orusco y Ambite. Entre Chillarón del Rey, Pareja y Viana de Mondéjar (Guadalajara) hay una zona de páramos cuyas calizas, que contienen *Neritina bolivari* Royo, forman pliegues más o menos suaves dirigidos casi de N. a S., pero con la particularidad de que al llegar al borde septentrional de aquéllos, o sea en Mantiel, Cereceda, La Puerta y Viana, descienden rápidamente formando un pliegue monoclinal de eje perpendicular al de los primeros, en cuyo interior se muestran las margas fuertemente plegadas. Es muy posible que esto sea debido a una fractura que vaya de E. a O., siguiendo el cauce del río Solana.

La muela de Alocén y el Llano Tejero de Auñón están constituidos por una sinclinal que da a la cumbre de este último un aspecto de teja, habiendo aquí una inversión del relieve. Sus estratos se presentan allí en discordancia con los del eoceno y cretácico.

Todas las sierras de la alineación de Altomira están formadas por calizas del cretácico superior y estratos paleogenos recubiertos en gran parte por margas yesíferas y calizas del mioceno superior. Las primeras están fuertemente plegadas (figs. 8.^a a 11), y las segundas, aunque menos, también lo están, y de tal manera, que a veces es muy difícil distinguir unas de otras. Así se puede ver en Sacedón a las calizas con Caráceas y *Neritina bolivari* Royo, formando pliegues y con fuertes buzamientos al O. En Sayatón, entre la Sierra de la Pinada y la del Desierto existen calizas plegadas con *Melanopsis pachecoi* Royo, *Neritina bolivari* Royo, *Planorbis thiollierei* Mich., etcétera. Aun se podrían citar más casos, pero para no hacer interminable esta relación de datos, tan sólo voy a indicar ya lo que ocurre en Barajas de Melo (Cuenca), localidad situada al O. de la Sierra de Altomira. Allí, debido a la presión que los plie-

gues del cretácico (fig. 9.^a) han ejercido sobre los estratos miocenos, estos últimos en el contacto se han transformado en verdadera brecha milonítica y se han producido numerosas fallas de corto *rejet* y dirigidas como aquél de N. a S.

CUENCA DE CALATAYUD-TERUEL.—Esta cuenca, situada entre la del Ebro y las del Duero y Tajo, tiene una altitud intermedia a la de éstas y a veces aun mayor, y está constituida estratigráficamente de modo semejante a como lo están las del Ebro y Tajo. En ella se encuentran margas yesíferas con sales solubles del eoceno superior y oligoceno inferior (Calatayud), y un conjunto de conglomerados, arenas y arcillas rojas, margas blancas y calizas, que corresponde al mioceno superior. En este último se encuentran los célebres yacimientos de vertebrados y moluscos pontienses de Teruel (Concud, Aljezares, etc.) y Nombrevilla (Zaragoza), y sarmatienses, como el de Mas del Olmo. En Utrillas, los Sres. Fallot y Bataller han señalado últimamente la presencia de yesos con *Cainotherium commune*, y en Montalbán calizas con *Hydrobia dubuissoni*, pertenecientes al estampiense.

El conjunto de la cuenca forma una cubeta alargada de NNW. a SSE., cuyas capas buzan hacia su eje presentándose plegadas hacia Teruel, en donde el valle se estrecha. En Calatayud las margas yesíferas paleogenas buzan claramente hacia el eje de la cuenca. En Concud y en Teruel, en el cerro de Santa Bárbara, barranco del Salobral y a todo lo largo de la carretera de Valencia, las capas con *Hippurion gracile* y las inferiores a ellas, forman pliegues unas veces suaves y otras muy fuertes dirigidos de NW. a SE. En el valle del Turia, hacia el rincón de Ademuz, los conglomerados rojos se los ve en discordancia completa con las calizas cretácicas y las margas irisadas del tránsito. En Libros, las capas miocenas forman una cubeta con pliegues orientados de NE. a SW., es decir, perpendicularmente a los anteriores.

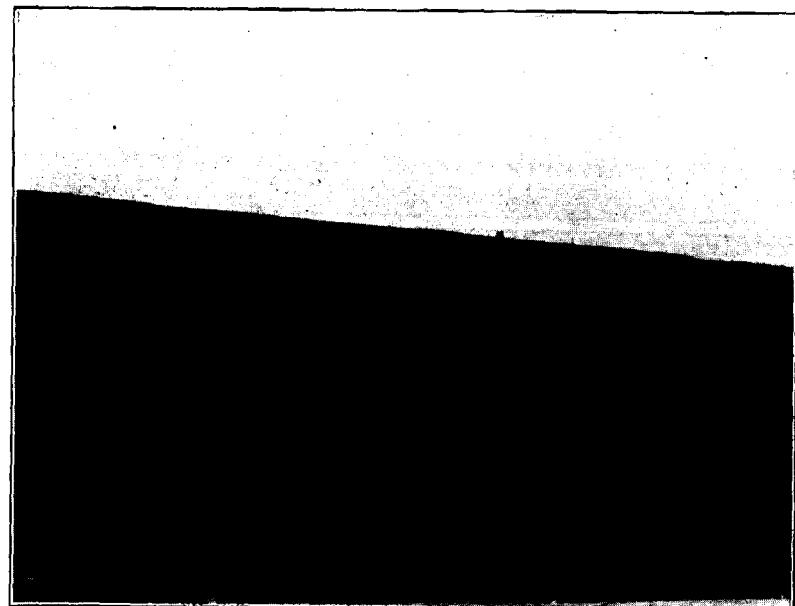


Lámina 12.

Sinclinal de capas de silex sarmatiense en el Valle de las Cuevas, Torrejón de Velasco (Madrid).

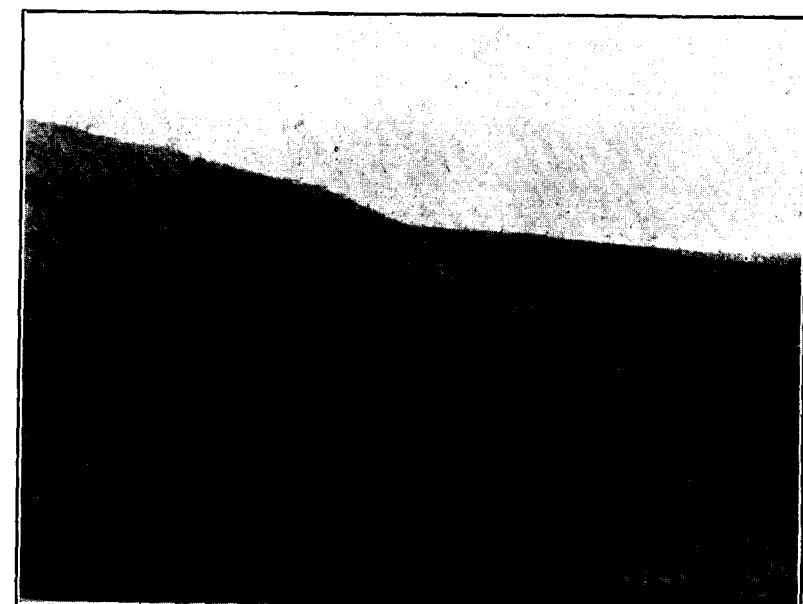


Lámina 13.

Calizas y margas pontienses con el rico yacimiento de moluscos de la Hontanilla, Tarancón (Cuenca). Forman el flanco de uno de los pliegues de aquella comarca.



Lámina 12.

Sinclinal de capas de silex sarmatienses en el Valle de las Cuevas, Torrejón de Velasco (Madrid).



Lámina 13.

Calizas y margas pontienses con el rico yacimiento de moluscos de la Hontanilla, Tarancón (Cuenca). Forman el flanco de uno de los pliegues de aquella comarca.

DATOS DE OTRAS CUENCAS.—Las cuencas del Alto Segre, situadas en pleno Pirineo y con una altitud media de 1.100 metros, corresponden a la Cerdanya y a Seo de Urgel, siendo alargada la primera de NE. a SW., y la segunda de E. a W. Sus capas pertenecen al mioceno superior; han dado muchos restos de vertebrados, y presentan inclinaciones hacia el NNW., y principalmente hacia el SSW.

En la del Vallés-Panadés (Barcelona), sobre arcillas con *Hydrobia dubuissoni* aquitanienses viene el mioceno inferior y medio marinos, con capas sarmatienses salobres y continentales, y finalmente arcillas y conglomerados pontienses con *Hippurion gracile*. Esta cuenca ha sido teatro de sucesivos movimientos de báscula y aun orogénicos, por lo cual el mar penetró durante el mioceno inferior y medio y lo volvió a hacer en parte al principio del plioceno. Sus capas se presentan alguna vez con buzamientos suaves y variables entre el NW. y el SW.

En los manchones de Alcalá de Chisvert y Cuevas de Vinaromá (Castellón), vemos conglomerados, areniscas, margas y calizas en discordancia con el cretácico inferior y formando pliegues orientados de NE. a SW.

En los manchones valencianos de Requena y Chiva es de tipo semejante al terciario de Teruel y al de la cuenca alta del Tajo, y contiene pontiense indudable; las capas forman pliegues orientados en la primera de dirección NNW. a SSE. En la segunda, cerca de Valencia, existe una localidad con yesos del mismo tipo que los paleogenos de la cuenca del Tajo, los cuales forman pliegues orientados de NE. a SW., presentándose en contacto anormal con el helveciense marino, que está plegado contra él. Desde Fuente la Higuera a la Encina, el pontiense, que en esta región muestra siempre caracteres muy semejantes a los que tiene el del valle del Ródano, se presenta también con inclinaciones y plegamientos. En general, puede

decirse que el mioceno de los manchones aislados valencianos se presentan dislocados en su inmensa mayoría.

En Alcoy (Alicante), las capas con vertebrados del plioceno más antiguo o del pontiense superior están muy inclinadas al W.

En la cuenca de Alhama de Granada existe helveciense marino, sobre el cual viene en discordancia un conjunto formado por el tortoniense marino, el sarmatiense salobre y el pontiense lacustre. Estos últimos muestran también una ligera inclinación hacia el interior de la cuenca.

En el valle bajo del Tajo, en Portugal, hay capas continentales atribuidas al oligoceno, que se encuentran muy inclinadas y concordantes con las mesozoicas. Las capas miocenas corresponden, las inferiores (burdigaliense a sarmatiense) en parte a formaciones marinas y en parte a continentales, sobre las cuales viene el pontiense perfectamente continental. Las capas marinas, entre Lisboa y la Sierra de la Arrabida, forman un anticlinal, y en esta última hasta al tortoniense se le ve corrido, lo cual ha sido explicado por M. Choffat como efectos de un movimiento posttortoniense y prepontiense. Al N. de Lisboa, en el mioceno continental se notan buzamientos ligeros y ondulaciones con dirección casi N.-S.

NATURALEZA Y EDAD DE ESTOS PLEGAMIENTOS

Concretando los datos locales anteriormente expuestos, vamos a ver ahora de qué naturaleza y edad son toda esta serie de fenómenos. Para ello hay que observar ante todo que han existido por lo menos dos fases en los movimientos, puesto que los estratos cretácicos y paleogenos, plegados conjuntamente, nos muestran una discordancia angular con los neogenos, que vienen encima, formando pliegues más suaves.

Plegamientos del paleogeno. — El cretácico superior, sobre el cual se apoya en concordancia el paleogeno, no está horizontal en la Meseta ibérica, como algunos geólogos creyeron, ni solamente plegado junto a la Cordillera Central, sino que lo está en toda la región, tanto en los límites, en las estribaciones de la Cordillera Cantábrica y en los Montes Ibéricos (Sierras de la Demanda y Urbión con sus estribaciones, Serranía de Cuenca, etc.), como en el centro, en toda la Sierra de Altomira (figuras 8.^a a 10) y en toda la mitad oriental de la Cordillera Central. Es decir, en todas las comarcas en que sus estratos han quedado al descubierto.

Los trastornos sufridos por estos terrenos no son sólo fallas ni aun pliegues-fallas que hubieran podido ser ocasionados por movimientos en la vertical, como alguna vez se ha dicho, sino que son pliegues de todas clases, entre los cuales predominan los inclinados y aun algo tumbados y cuyos planos axiales en la Sierra de Altomira, o sea en el centro de la cuenca alta del Tajo, buzan próximamente hacia el E., mientras que en Alhama de Aragón (Zaragoza) y en gran parte de la comarca comprendida entre Soria y Burgos lo hacen hacia el NE.

El paleogeno, como ya se ha dicho, se muestra en concordancia con el cretácico, y, por tanto, allá en donde no ha sido barrido por la erosión, lo podemos ver con las mismas inclinaciones y pliegues que afectan a aquél. Como todos estos terrenos están en gran parte recubiertos por el neogeno, muchas veces sus pliegues están escondidos bajo estos estratos y no llegamos a ver más que algunas capas simplemente inclinadas, pero que pueden llegar a ser verticales.

La dirección tanto de las capas meramente inclinadas como la de los pliegues es muy variable, y en general puede decirse que es paralela a la de los macizos montañosos que contornean o al eje de la cuenca terciaria a que pertenecen.

Así, vemos que en el valle del Ebro, en su región NE.,

los pliegues que en Barbastro y Tamarite van casi de NW. a SE., al llegar a Castellfullit y Cardona se encorvan hacia el NE., bordeando de este modo al macizo del Montsech por su parte meridional. A todo el SW. del Ebro la dirección general es NW. a SE. En el estrecho de Burgos la dirección es, por término medio, E. a W., o sea la de la longitud del mismo manchón terciario. En la cuenca del Duero, en su zona N., van de NNW. a SSE. o de E. a W.; en la región occidental, donde no existe cretácico, el paleogeno (eoceno y oligoceno inferior) se presenta suavemente plegado o inclinado y la dirección es de NW. a SE., especialmente en Salamanca; en la zona oriental, y en particular en la prolongación terciaria que va desde Aranda de Duero a Soria y Alhama de Aragón es en donde está más plegado, sobre todo en Burgo de Osma, asomando allí muy a menudo el cretácico, formando el conjunto pliegues que contornean al macizo de la Demandia, Urbión y Cebollera, por su parte meridional, siendo a su vez paralelos al eje de esta prolongación de la cuenca. En contacto con el macizo de la Cordillera Central, también se hacen paralelos a él, pero predominando siempre la dirección media de NW. a SE. o la E.-W.

En la cuenca del Tajo es en su mitad septentrional en donde está más trastornado el paleogeno juntamente con el cretácico superior, es decir, en la parte en donde la cuenca es más estrecha y más cerrada por elevados macizos montañosos; sus capas buzan siempre hacia el interior de la cuenca, y sus pliegues son paralelos al eje de la Cordillera Central o al de la Serranía de Cuenca, según estén en las proximidades de la una o de la otra. Hacia el centro de su mitad oriental aparece la alineación de Altomira, dirigida de N. a S. y formada por fuertes pliegues del cretácico tumbados en su mayoría hacia el W. (figs. 8.^a a 10) y teniendo concordante al paleogeno. De las dos regiones en que esta sierra divide a la cuenca,

es la del E. la que presenta al paleogeno más plegado y a una altitud mayor. En esta sierra, indicándonos la fuerza de los empujes que la han formado, no sólo los pliegues son fuertes, sino que también abundan los milonitos, especialmente en la zona central, en donde predomina además el régimen isoclinal.

En la cuenca de Calatayud-Teruel tan sólo en Calatayud, Utrillas y Montalbán asoma claramente el paleogeno (eoceno superior y oligoceno inferior) y forma en la primera un suave sinclinal, cuyo eje coincide con el del manchón terciario.

Por lo dicho se ve que el paleogeno, juntamente con el cretácico superior, está fuertemente plegado en determinadas regiones, y no debido a hundimientos o movimientos en la vertical, como se ha supuesto, sino a empujes laterales. Observada en conjunto la distribución de estos pliegues se nota que se presentan con mayor intensidad precisamente allá en donde las cuencas terciarias se estrechan y se rodean de zonas montañosas elevadas. Enteramente parece como si los terrenos más antiguos, paleozoicos y mesozoicos, fueran los que se hubieran plegado más intensamente y los que al surgir para dar origen a aquellas zonas montañosas o elevarlas más de lo que ya estaban, hubiesen roto el manto de sedimentos terciarios y del cretácico superior que en parte las cubriría y lo hubieran aprisionado entre ellas plegándolo y originando las cuencas actuales.

Un dato importante existe que nos indica la posibilidad de que este terciario, actualmente dividido en varias cuencas aisladas, haya estado en parte unido cuando se depositó: es éste la identidad que existe entre las margas grises yesíferas del eoceno superior y oligoceno inferior de las cuencas del Ebro y Tajo con la intermedia de Calatayud. Dato que se completa con la indicación que el Sr. Palacios hace de la existencia de idénticas margas yesíferas paleogenas en la región de Soria. Este hecho, aun inexplicado, lo notaron ya los antiguos géo-

logos, Prado, Verneuil, etc., y fué el que les hizo imaginar que la cuenca del Tajo y la del Ebro estaban en comunicación por aquella parte, haciéndoles dudar tan sólo la existencia de las alturas que actualmente las separan, tales como los Altos de Medinaceli y de Molina de Aragón, con algo más de mil metros de altitud sobre el nivel del mar. Estas dudas, en realidad, pueden desaparecer si consideramos que esas alturas intermedias debieron de formarse después del depósito de aquellos estratos a los cuales han plegado, y que la intensa erosión fluvial de los tiempos posteriores ha hecho que desaparezcan los testigos de unión que hubieran podido restar.

M. Argand, en la importante conferencia que pronunció en el Congreso Geológico de Bruselas, sobre *La tectonique de l'Asie*, distingue en los plegamientos los pliegues de fondo y los de cobertura, y esta nueva clasificación creemos que encuentra en el centro de la Península una aplicación inmediata. Para los tiempos terciarios han debido jugar el papel de pliegues de fondo las zonas montañosas de la Sierra de la Demanda hasta el Mediterráneo, o sea de todos los Montes Ibéricos, así como la parte oriental de la Cordillera Central, y las cuales están constituidas por terrenos paleozoicos y mesozoicos, cuyos pliegues van dirigidos de E. a W., en los extremos de la zona de los Montes Ibéricos y en parte de la Cordillera Central, y de NW. a SE. en el resto. Los pliegues de cobertura los tenemos constituidos por el cretácico superior y terciario inferior, estando bien caracterizados por presentarse muy manifiestos en los bordes de las manchas, mientras que en el resto se encuentran los estratos más o menos horizontales.

Plegamientos neogenos.—Los trastornos que nos muestran las capas miocenas, incluidas en ellas las pontienses, tienen las mismas particularidades que las anteriormente indicadas para los del terciario inferior, pero más atenuadas.

La distribución de los pliegues corresponde también a los bordes de las cuencas y en especial a las comarcas que rodean a aquellas mismas zonas montañosas. Sus capas no solamente están discordantes con las del terciario inferior (figs. 5.^a a 7.^a) y del cretácico superior, sino que muchas veces se las ve plegadas contra ellas, como lo he podido observar en diversos puntos, pero sobre todo en la Sierra de Atapuerca (figuras 1.^a a 3.^a) y en Pancorbo (provincia de Burgos). Es muy notable el hecho de que estando fuertemente plegado el mioceno contra los terrenos más antiguos, inmediatamente que se aleja de ese contacto lo encontramos sensiblemente horizontal o con anchas ondulaciones. Esto nos explica también el por qué los efectos de este nuevo plegamiento han podido pasar inadvertidos anteriormente o han sido mal interpretados.

Por lo dicho se ve que estos plegamientos corresponden también al tipo de pliegues de cobertura, del mismo modo que los del terciario inferior, pero de menor intensidad, por lo cual predominan sobre aquéllos los estratos en posición horizontal.

La causa de estos plegamientos podría ser un pequeño reudecimiento en los pliegues de fondo, que ocasionarían efectos más suaves que los anteriores. Este movimiento, como ya he indicado otra vez, ha sido también el que ha originado pliegues de gran amplitud en el centro de las cuencas, imponiendo el curso a los principales ríos que las surcan. Probablemente ha sido igualmente el que ha ocasionado que los estratos miocenos alcancen actualmente altitudes tan distintas entre sí, y de la que tendrían cuando se formaron, como son, tomando la de los estratos más superiores, las de 500 a 800 metros en el valle del Ebro, 1.000 metros en la cuenca de Calatayud-Teruel, y casi lo mismo en la del alto Tajo, 1.100 metros en la del Duero y más de 1.100 metros en el estrecho de Burgos; mientras

que en la periferia de la Península (Barcelona, Valencia, Alicante, Portugal, etc.) permanece a muy poca altitud sobre el nivel del mar.

Edad de estos plegamientos. — A poco que se estudie la estratigrafía del terciario de la Meseta, se observa la falta de capas correspondientes al oligoceno superior y mioceno inferior, desde el estampiense hasta el helveciense, ambos inclusive (por lo menos hasta ahora no se han podido señalar). La referencia hecha por los Sres. Depéret y Vidal de las molasas y margas superiores de Calaf y Tárrega (Lérida) al estampiense, y de las margas de Vera (Zaragoza) al aquitaniano, es aún muy dudosa; pero a pesar de ello, si se confirmase, siempre nos quedaría la laguna correspondiente al burdigaliense y helveciense, puesto que las capas tortonienses son las más antiguas de las que se apoyan sobre el paleogeno.

En el valle del Ebro, en su parte septentrional, ha sido señalada, particularmente por el profesor Born, de Charlottenburgo, una discordancia angular entre las capas lutecianas con *Alveolina* y los conglomerados y margas yesíferas del eoceno superior y oligoceno inferior, indicándonos la existencia aquí de movimientos pirenaicos.

En el resto del terciario del centro de la Península no se ha podido señalar tal discordancia aun, pasándose insensiblemente de las arcosas lutecianas a las restantes eocenas y oligocenas, o sea a las margas yesíferas contemporáneas de las paleogenas del Ebro. Parece, pues, por ahora indudable que el movimiento que ha plegado conjuntamente al cretácico superior y al terciario inferior corresponde al verdaderamente alpino y a una edad que oscila entre el estampiense y el tortoniense.

El tortoniense, sarmatiense y pontiense están en tal concordancia que su delimitación exacta es imposible. Capas superiores al pontiense, pertenecientes ya al verdadero plioceno,

no han sido fijadas aún en la Meseta, pues las que yo he indicado en Yudego (provincia de Burgos) sobre las calizas de los páramos, constituidas por arcillas y calizas pisolíticas, no pueden aún referirse a aquella edad por carecer de fósiles que lo determinen. Es en la cuenca del Ebro, en la provincia de Logroño, en donde últimamente se ha podido fijar la existencia del verdadero plioceno con *Hippurion crassum*, por el Ingeniero Sr. Carvajal. Pero estos estratos, según me ha indicado dicho señor, están horizontales completamente, y forman, además, una pequeña cuenca aislada, sin relación, al parecer, con el resto del terciario.

Fuera ya de las cuencas centrales, en Alcoy (Alicante) existe otro yacimiento con *Hippurion crassum*, y cuyas capas están, según M. Niklés, muy inclinadas. Este yacimiento parece corresponder al tránsito del pontiense al verdadero plioceno.

No tenemos, pues, aún en las cuencas centrales una discordancia entre los estratos pontienses y otras capas que no sean las cuaternarias que nos permitan fijar de un modo exacto el momento en que se efectuó el movimiento que plegó al mioceño. En el resto de la Península, excepto el dato indicado de Alcoy, el plioceno, cuando se presenta, lo hace horizontalmente y con no gran elevación sobre el nivel del mar.

Fuera ya de la Península Ibérica, y sin salir del Mediterráneo occidental, tenemos movimientos pliocenos muy intensos que seguramente han de guardar relación con el que vengo señalando en la Meseta.

De los excelentes trabajos que sobre la región de las cordilleras subalpinas francesas han publicado los Sres. Depéret, Haug, Termier, Joleaud, Zürcher, y sobre todo el inolvidable Profesor Kilian, se deduce la existencia, especialmente en la parte meridional de aquéllas, de un movimiento postpontiense y preplasenciano que originó fuertes pliegues y grandes corri-

mientos. Lo mismo se deduce para los Alpes del Veneto de los trabajos de Stefanini, para los Alpes del Jura suizo de los de Buxtor, Koch y Hummel, y para Túnez y Argelia occidental de los de Dalloni, Joleaud y Lutaud.

Posterior aún a este movimiento tenemos otro acaecido en el plioceno superior, que si bien hacia el Mediterráneo oriental alcanzó gran intensidad, en el occidental apenas si se nota en algunas regiones, como se deduce para las de La Bresse, Privas y Niza por los trabajos de Argand, explicación de la hoja de Privas y los de Tournouér, y para las del Atlas y Argelia por los de Gentil y Dalloni.

El Profesor Stille, de Göttingen, en su importante obra titulada *Grundfragen der vergleichenden Tektonik*, hace un estudio muy completo de los movimientos orogénicos, en particular de los alpícos, y al tratar de estas dos últimas fases las denomina: rodánica (*rhodanische Faltung*) a la postpontiense y preplasenciente, por ser en el valle del Ródano en donde aparece con más intensidad, y valáquica (*walachische Faltung*) a la del plioceno superior, por ser en los Carpatos meridionales en donde ha producido mayores efectos.

La particularidad de ser la fase rodánica la que mayores trastornos ha producido durante el plioceno en el Mediterráneo occidental, y el hecho no menos importante de que hasta ahora no se hayan podido aún fijar estratos plasencientes ni astienses sobre las capas pontienses de la Meseta, hace que me incline a creer que el movimiento que ha plegado a los estratos miocenos de la Meseta, incluso a los pontienses, sea debido a esta fase rodánica, fase que tantos corrimientos y plegamientos ha producido en los Alpes meridionales.

CONCLUSIONES

Por lo dicho anteriormente se ve que el estudio geológico del terciario continental ibérico aun no se puede considerar como concluso, a pesar de que en los últimos años se ha avanzado enormemente con la publicación de numerosos trabajos. A cada momento se presentan problemas nuevos que resolver, y por ello, los trabajos de conjunto que de él se han hecho y se están haciendo no pueden considerarse más que como provisionales mientras no se terminen de explorar como es debido todas las comarcas en que aquél se presenta. Haciendo, pues, esta salvedad, y concretando las ideas anteriormente expuestas, se deducen las siguientes conclusiones:

1.^a En el interior de la Península Ibérica el cretácico superior y terciario inferior están, al parecer, concordantes y plegados también conjuntamente, excepto en la parte septentrional del valle del Ebro, en donde el luteciense se muestra en discordancia con el eoceno superior y el oligoceno inferior.

2.^a El movimiento que ha plegado al cretácico superior y terciario inferior ha sido producido por empujes laterales y contemporáneos de los alpinos, estando su edad comprendida entre el estampiense y el tortoniense.

3.^a El movimiento pirenaico, que tan grandes efectos ha producido en toda la parte septentrional de la Península, no se señala bien en el interior, o por lo menos hasta ahora no se ha podido fijar aún por no haberse encontrado discordancias propias de él. Quizás los núcleos paleozoicos de los montes ibéricos y de Somosierra en la Cordillera Central, con sus pliegues dirigidos próximamente de E. a W., se iniciaran por este movimiento. Es, sin embargo, en realidad el movimiento alpino pretortoniense, con sus plegamientos de dirección NW. a SE., el que ha dado origen a la mayor parte de las

zonas montañosas que actualmente separan a las cuencas del Ebro y Calatayud-Teruel de las interiores del Duero y alto Tajo.

4.^a Al surgir aquellas sierras, por replegarse sus capas, se modelaron las actuales cuencas terciarias, cuyos estratos, al ser oprimidos, se plegaron y formaron verdaderas cubetas tectónicas en las cuales se depositaron más tarde las capas del mioceño continental.

5.^a Despues del pontiense se ha efectuado otro movimiento orogénico de menor intensidad que ha vuelto a comprimir las cuencas terciarias originando los pliegues que actualmente se observan hasta en los estratos de aquella edad. Este movimiento puede incluirse perfectamente entre los llamados rodanienses por el Profesor Stille, y ha sido probablemente el que además ha elevado a aquellos estratos a las altitudes tan diversas que actualmente presentan y el que ha impuesto el curso a los principales ríos que hoy surcan aquellas cuencas.

6.^a Tanto los plegamientos que nos muestran los estratos del terciario inferior como los del superior son típicamente de los llamados por M. Argand, de cobertura, y así, mientras en los bordes de las cuencas o de las manchas que ellos forman se presentan bien manifiestos, en el resto pueden permanecer hasta perfectamente horizontales.

BIBLIOGRAFÍA

- ARGAND (E.): «La tectonique de l'Asie» (*Compt. Rend. XIII Ses. Congrès Géol. Intern.*, 1^{er} fasc., págs. 171-372). — Liège, 1924.
- IDEML «Plissements précurseurs et plissements tardifs des chaînes de montagnes» (*Act. Soc. Helv. Sc. Nat.*, págs. 1-20). — Neuchâtel, 1920.
- BORN (A.): «Das Ebrobecken» (*Neu. Jahr. f. Min., Geol. u. Pal.*, Beil. — Band XII). — Stuttgart, 1912.
- BOULE (M.), DEPÉRET (Ch.), HAUG (E.) et KILIAN (W.): «Notice explicative de la feuille Privas de la Carte Géologique de France» (*An. Univ. Grenoble*). — 1909, Paris-Grenoble.
- BUXTORF (A.) und KOCH (R.): «Zur Frage der Pliozänbildungen in nordschweizerischen Juragebirge» (*Verh. Naturf. Ges. Basel*, Bd. XXI). — 1920.
- CALDERÓN (S.): «Ensayo orogénico sobre la meseta central de España» (*An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XIV, págs. 131-172). — Madrid, 1885.
- CARVAJAL (A.): «Nota sobre un yacimiento de fósiles vertebrados en la provincia de Logroño» (*Com. XIV Congr. Geol. Intern.*). — Madrid, 1926.
- CASTEL (C.): «Descripción geológica de la provincia de Guadalajara» (*Bol. Com. Mapa Geol. España*, t. VIII, págs. 157-264). — Madrid, 1881.
- CORTÁZAR (D.): «Descripción física y geológica de la provincia de Cuenca» (*Mem. Com. Mapa Geol. España*). — Madrid, 1875.
- DALLONI (M.): «Recherches sur la période néogene dans l'Algérie occidentale» (*Bull. Soc. Géol. France*, 4.^a sér., t. XV). — Paris, 1915.
- IDEML «Sur les relations du miocène et de son substratum (Trias et Crétacé) à la bordure Nord de l'Atlas tellien, dans la région de Rélizane (Algérie)» (*Compt. Rend. Séance. Soc. Géol. France*, 1920, pág. 107). — Paris.
- DEPÉRET (Ch.): «Les bassin tertiaires du Rhône» (*Livr. Guide, VIII. Congr. Géol. Intern.*). — París, 1900.
- DEPÉRET (Ch.) et VIDAL (L. M.): «Contribución al estudio del oligoceno

en Cataluña» (*Mem. R. Acad. Cienc. y Art. Barcelona*, 3.^a ép., t. V, páginas 311-345). — Barcelona, 1906.

DOUVILLE (R.): «La Péninsule Ibérique: A. Espagne» (*Handb. d. Region Geol.*, III Bd. 3 Abt.). — Heidelberg, 1911.

ELIAS (I.): «Epoca de la inclinació del planell central d'Espanya envers l'Atlàntic» (*Butll. Institut. Cat. Hist. Nat.*, 2.^a sér., vol. III, págs. 66-71). — Palamós, 1923.

FALLOT (P.): *Etude géologique de la Sierra de Majorque*. — Paris, 1922.

FALLOT (P.) et BATALLER (R.): «Sur la tectonique de la bordure méridionale du bassin de l'Ebre et des montagnes du littoral méditerranéen entre Tortosa et Castellon (Espagne)» (*Compt. Rend. Ac. Sc.*, t. 182, páginas 226-228). — Paris, 1926.

IDEM: «Sur l'allure d'ensemble et sur l'âge des plissements dans les montagnes du Bas-Aragon et du Maestrazgo (Espagne)» (*Compt. Rend. Ac. Sc.*, t. 182, págs. 398-400). — Paris, 1926.

GENTIL (L.): «La Géologie du Maroc» (*Ann. de Géogr.*). — Paris, 1912.

GIGNOUX (M.) et FALLOT (P.): «Contribution à la connaissance des terrains néogènes et quaternaires marins sur les côtes méditerranéennes d'Espagne» (*Com. XIV Congr. Geol. Intern.*). — Madrid, 1926.

HAUG (E.): *Traité de Géologie*, t. II, fasc. 3. — Paris, 1907.

HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): «Geología y Panteología del mioceno de Palencia» (*Mem. núm. 5. Com. Invest. Pal. Prehist.*). — Madrid, 1915.

IDEM: «Rasgos fundamentales de la constitución e historia geológica de solar ibérico» (*R. Acad. Cienc., Disc. de recep.*). — Madrid, 1922.

IDEM: «Edad y origen de la cordillera central de la Península Ibérica» (*Conf. Congr. Salamanca, Asoc. Esp. Progr. Cienc.*). — Madrid, 1923.

HUMMEL (K. L.): *Tektonik des Elsgaues*.

JOLEAUD (L.): «Sur l'âge et la nature des plissements les plus récents des reliefs intérieurs de l'Atlas tellien oriental (Algérie)» (*Compt. Rend. Ac. Sc.*). — Paris, 1909.

IDEM: «Sur la Géologie du Sahel et l'Extrême-Sud tunisiens» (*Bull. Soc. Géol. France*, 4.^a sér., t. XVIII, pág. 178). — Paris, 1919.

KILIAN (W.) et LANQUINE (A.): «Observations nouvelles sur la structure des Chainons les plus externes des Alpes entre Digne et Moustiers-Sainte-Marie (Basses-Alpes)» (*Bull. Serv. Carte Géol. France* núm. 154). — Paris, 1924.

KOCH (R.): «Geologische Beschreibung des Beckens von Laufen im Berner Jura» (*Beitr. Geol. Karte d. Schweiz. N. F.*, Lief. 48, Abt. 2). — 1923.

LUTAUD (L.): «Les mouvements post-sahéliens et leur influence sur la morphologie dans la zone préfaine du R'Arb septentrional (Maroc)» (*Compt. Rend. Ac. Sc.*, t. 173, págs. 242-244).

MACPHERSON (J.): «Ensaya de historia evolutiva de la Península Ibérica» (*An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXX, págs. 123-165). — Madrid, 1901.

MARÍN (A.): «Investigaciones en la cuenca potásica de Cataluña» (*Bol. Inst. Geol. España*, t. XLIV). — Madrid, 1923.

PALACIOS (P.): «Descripción física, geológica y agrícola de la provincia de Soria» (*Mem. Com. Mapa Geol. España*). — Madrid, 1890.

IDEM: «Reseña geológica de la región meridional de la provincia de Zaragoza» (*Bol. Com. Mapa Geol. España*, t. XIX, págs. 1-112). — Madrid, 1893.

PRADO (C.): «Descripción física y geológica de la provincia de Madrid» — Madrid, 1864.

ROYO Y GÓMEZ (J.): «Datos para la geología de la submeseta del Tajo» (*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XVII, págs. 519-527). — Madrid, 1919.

IDEM: «Nuevos datos para la geología de la submeseta del Tajo» (*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XVIII, págs. 133 y 255-258). — Madrid, 1918.

IDEM: «La Sierra de Altomira y sus relaciones con la submeseta del Tajo» (*Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat., Ser. Geol.*, núm. 27). — Madrid, 1920.

IDEM: «El mioceno continental ibérico y su fauna malacológica» (*Mem. núm. 30 Com. Invest. Pal. y Prehist.*). — Madrid, 1922.

IDEM: «Notes sur la Géologie de la Péninsule Ibérique» (*Bull. Soc. Géol. France*, 4.^a sér., t. XXV). — Paris, 1925.

IDEM: «El terciario continental de Burgos» (*XIV Congr. Geol. Intern., Guía de la Excursión A-6*). — Madrid, 1926.

IDEM: «Sur la présence de marnes et de gypse paléogènes dans le haut bassin du Tage» (*Compt. Rend. Séanc. Soc. Géol. France*, 1926, págs. 71-74). — Paris, 1926.

IDEM: «Edad de las formaciones yesíferas del terciario ibérico» (*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXVI, págs. 259-279). — Madrid, 1926.

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (M.): «Estudios geológicos en el macizo cretácico del Este de la provincia de Burgos» (*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXI, págs. 410-421). — Madrid, 1921.

STEFANINI (G.): «Monografia sui terreni terziari del Veneto II. Il Neogene» (*Mem. Inst. Geol. Univ. Padova*, t. III). — Padova, 1915.

TERMIER (P.) et JOLEAUD (L.): «Sur l'âge des phénomènes de charriage dans les montagnes de Girondas (Vaucluse)» (*Compt. Rend. Ac. Sc.*, t. 172, págs. 191-195). — Paris, 1921.

TOURNOUËR (A.): «Note paléontologique sur quelques-uns des terrains tertiaires observés dans la Réunion extraordinaire de la Soc. Géol. à Fréjus et à Nice» (*Bull. Soc. Géol. France*, 1876-1877, 3^e sér., t. V, págs. 841). — París, 1877.

VERNEUIL (Ed. de) et COLLOMB (Ed.): «Coup d'œil sur la constitution géologique de quelques provinces de l'Espagne» (*Bull. Soc. Géol. France*, 2^e sér., t. X, págs. 61-147). — París, 1852.

ZÜRCHER: (*Bull. Serv. Carte Géol. France*, t. XVI, págs. 138). — París, 1904-1905.



**LOS VERTEBRADOS
DEL
CRETACICO ESPAÑOL
DE
FACIES WEÁLDICA
POR
JOSÉ ROYO Y GÓMEZ**

Profesor del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

LOS VERTEBRADOS DEL CRETÁCICO ESPAÑOL

D E

FACIES WEÁLDICA

El presente trabajo no pretende ser más que una rápida comunicación con el fin de dar cuenta de los importantes descubrimientos de grandes dinosaurios y de otros vertebrados que se han hecho en estos últimos diez años en el cretácico español de facies weáldica, especialmente en su región mediterránea, algunos de los cuales han sido realizados por mí mismo. El estudio completo de esta fauna, y que tengo ya en preparación, será muy extenso y se saldría del plan impuesto para este Congreso.

Historia de los descubrimientos.—Puede decirse que los conocimientos que tenemos de los reptiles weáldicos españoles datan de muy pocos años, pues si bien el ilustre profesor Vilanova encontró ya en 1873 algunos restos en Morella (provincia de Castellón) y Utrillas (provincia de Teruel), y yo, en 1914 un fragmento de una gran costilla de dinosaurio en aquella primera localidad, ha sido desde 1917 cuando los hallazgos de huesos de estos reptiles han menudeado y se les ha ido prestando toda la atención que merecían.

En 1917, el profesor Beltrán, de la Universidad de Valencia, y sus alumnos, en una excursión efectuada a Morella, tuvieron

la suerte de encontrar un importante yacimiento fosilífero weáldico, en el que pudieron recoger fragmentos de dientes y de huesos de dinosaurios, dientes y placas dermatoesqueléticas de crocodilidos y varias vértebras anfícélicas. En 1920 pude visitar ese mismo yacimiento y hacer un estudio detenido de toda aquella comarca, encontrando nuevamente una gran cantidad de restos fósiles correspondientes a dientes, escamas y placas craneales de *Lepidotus*; vértebras de otro pez, probablemente de *Oligopleurus*; dientes, placas dermatoesqueléticas, vértebras y coprolitos de crocodilidos; vértebras, fragmentos de costillas y huesos de un gran dinosaurio.

Al propio tiempo que estos hallazgos se efectuaban otros en la provincia de Valencia. En los años de 1916 a 1919, el maestro nacional de Benageber, D. J. M.^a Catalá, encontraba también restos fósiles consistentes en coprolitos, un fragmento de diente y una vértebra de dinosaurio y fragmentos de caparazón de una tortuga, todos los cuales se los remitió al citado profesor Beltrán, y éste, a su vez, ha tenido la amabilidad de facilitármelos juntamente con los que ya poseía de Morella, con el fin de que pudiera hacer su estudio. Encontró además el Sr. Catalá otras dos grandes vértebras de dinosaurio que recientemente, y por mi intervención, las ha regalado al Museo Nacional de Ciencias Naturales. Atención muy digna de agradecer.

En el verano de 1922, durante la construcción de la carretera de Morella a Cinctorres, en la provincia de Castellón, al abrir una trinchera cercana al río Bergantes, aparecieron gran cantidad de restos de gigantescos dinosaurios. Desgraciadamente, a causa de no encontrarse allí presente ninguna persona competente, los obreros no tuvieron el cuidado necesario, y la mayoría de aquellos restos, huesos largos y vértebras, fueron utilizados en el relleno de los estribos de un puente próximo, en donde permanecen enterrados. Los pocos que se

pudieron salvar fueron recogidos por los padres escolapios de Morella, y uno de ellos, el P. Bordás, naturalista distinguido, tuvo la bondad de comunicármelo. Con la premura posible me trasladé al yacimiento y aun pude salvar algunos restos más. En un reconocimiento que hice entonces por los alrededores descubrí algunos indicios que me permitieron efectuar una excavación y extraer unas enormes vértebras y una gran cabeza de fémur, todo ello perteneciente a un gran saurópodo de tamaño corriente en el *Diplodocus*.

Por último, en el pasado octubre, en un viaje de estudios por la provincia de Valencia, pude reconocer personalmente el weáldico de Benageber, y encontrar algunos fragmentos de huesos que me permitieron fijar la posición de los yacimientos anteriormente descubiertos por el Sr. Catalá. El hallazgo de estos restos sirvió también para que el nuevo maestro nacional de allí, Sr. Vallés, se aficionase a la rebusca de ejemplares, y su actividad diese como fruto el hallazgo de más huesos y vértebras de dinosaurios, que también ha donado al Museo Nacional de Ciencias Naturales.

En el resto de España, fuera de Morella y de Benageber, son muy contadas hasta ahora las localidades con restos no ya de reptiles weáldicos, sino de vertebrados en general. Puede citarse Utrillas (Teruel), en donde, como ya he dicho, encontró el profesor Vilanova dos fragmentos de un fémur de un dinosaurio pequeño, que por error determinó como de *Iguanodon*. En Mora de Rubielos (Teruel) también encontró dicho profesor otro resto de dinosaurio, que es una enorme falange de una pata posterior, al parecer de ornitópodo; de esta misma localidad posee la Facultad de Ciencias de Valencia algunos fragmentos de huesos. En Castrillo de la Reina (Burgos), el profesor San Miguel, de la Universidad de Barcelona, encontró en 1921 escamas de peces (*Lepidotus*), y más tarde, en ocasión de una visita que hice a esa misma localidad, encontré también

restos de *Lepidotus* y además de crocodilidos del género *Goniopholis*.

Muy recientemente, el Ingeniero de Caminos, D. Clemente Sáenz García, ha encontrado diversos restos en Los Caños (Soria) y en la región alta del Huerva (Zaragoza). Los primeros, que he podido examinar gracias a la amabilidad de su descubridor, consisten en placas craneales, dientes y escamas de *Lepidotus*; dientes y placas dermatoesqueléticas de crocodilido, *Gomopholis*; coprolitos y restos óseos de crocodilidos; placas dermatoesqueléticas de tortuga y fragmentos de hueso de dinosaurio. Los del segundo yacimiento, según me comunica, están formados por escamas y dientes de *Lepidotus*, algunas vértebras y trozos de huesos largos de dinosaurios.

Los restos de peces, y en particular los de *Lepidotus*, son los más frecuentes, y así, además de las localidades ya citadas, se han encontrado escamas por el Sr. Bataller en Beniganim (Valencia), y dientes y escamas por mí en San Vicente de la Barquera (Santander), perteneciendo a este mismo género algunos dientes que, procedentes de Chelva y Utiel (Valencia), forman parte de la colección de la Facultad de Ciencias de Valencia.

Naturaleza de los vertebrados cretácicos españoles. — El número total de restos encontrados hasta ahora es ya bastante grande; pero, por desgracia, a causa de tratarse de yacimientos de acarreo, están aquéllos constituidos por vértebras sueltas, pedazos más o menos grandes de huesos de las extremidades y de costillas, dientes aislados, etc., y nunca esqueletos completos o, por lo menos, huesos, mandíbulas, etc., enteros, por lo cual su estudio presenta grandes dificultades. Esta particularidad de los yacimientos de vertebrados weáldicos parece general a los de todos los terrenos de la Península Ibérica, pues lo mismo ocurre con los de mamíferos terciarios.

A pesar de aquellas dificultades, gracias a los estudios que

sobre ellos llevo ya hechos, y especialmente los que he realizado últimamente en los principales Museos y Facultades de Ciencias de Francia (Lyón y París), Suiza (Zurich), Alemania (Munich, Stuttgart, Franckfurt a. M., Marburg, Göttingen y Bückeburg) y Bélgica (Bruselas), puedo ya dar un pequeño avance sobre su determinación, la cual resultará más completa después del estudio comparativo que espero hacer con los ejemplares del secundario inglés.

Los restos de peces pertenecen, como ya he indicado, a dos géneros distintos: uno, *Lepidotus*, del cual poseo dientes, placas craneales y escamas, y otro, probablemente *Oligopleurus*, y del cual abundan las vértebras en Morella (Castellón).

Los restos de reptiles son más variados, y los encontrados hasta ahora corresponden a tortugas, a crocodilidos y a dinosaurios. Los de crocodilidos consisten en dientes, placas dermatoesqueléticas, vértebras y coprolitos; pertenecen a tres géneros y especies: uno a *Goniopholis*, algo semejante a las especies pequeñas encontradas en el resto de Europa; otro, de mayor tamaño, *Machimosaurus*, cuya especie es nueva al parecer, y, por último, otro, también de regular tamaño, cuyos dientes son de tipo algo semejante a los de *Dacosaurus*.

Los de dinosaurios, que son los más importantes, corresponden a tres grupos muy distintos. Uno de ellos es el de los saurópodos y sus restos son los que pude extraer en la excavación que efectué en Morella, en marzo de 1923. Los principales huesos que de él encontré son varias vértebras caudales y la tercera parte de un fémur correspondiente a su porción proximal. En Benageber también han aparecido algunos restos óseos y especialmente un fragmento de diente, que por sus caracteres pertenece a él. Todos estos restos tienen grandes analogías con otros encontrados en el Norte de Francia y Sur de Inglaterra, pertenecientes a *Cetiosaurus*. Para comprender el tamaño que tendría basta fijarse en que el cuerpo de alguna

de las vértebras caudales tiene unos 20 centímetros de diámetro y que el fémur completo tendría cerca de metro y medio.

Otro era del grupo de los ornitópodos y de tamaño y forma semejantes a los de *Iguanodon* y más aún a los de *Trachodon*, pues sus dientes son más parecidos a los de este último sin llegar a ser iguales. A este grupo pueden pertenecer también los huesos encontrados por el profesor Vilanova en Utrillas (Teruel); pero correspondiendo a una forma pequeña y quizás nueva.

Finalmente, hay otro de los terópodos, el cual tanto por sus huesos como por sus dientes es igual a *Megalosaurus*, que también ha aparecido en Inglaterra, Bélgica y Alemania.

Todos los restos fósiles indicados los he podido reunir, para efectuar su estudio, en las colecciones del Museo Nacional de Ciencias Naturales, y más especialmente en algunas de las vitrinas del llamado *Salón del Diplodocus*, en donde se encuentran expuestos al público.

ES DE GRAN INTERÉS Y SERÍA ÚTIL LA INVESTIGACIÓN POR PROCEDIMIENTOS GEOFÍSICOS DE LOS TERRENOS MIOCE-
NOS Y AZUFREROS DEL SURESTE DE
ESPAÑA, POR SI EN ELLOS EXISTEN
DEPÓSITOS DE HIDROCARBUROS SUS-
CEPTIBLES DE APROVECHAMIENTO
INDUSTRIAL

POR

VICENTE KINDELÁN

Ingeniero Jefe de Minas y Vocal del Instituto Geológico.

ES DE GRAN INTERÉS Y SERÍA ÚTIL LA INVESTIGACIÓN POR PROCEDIMIENTOS GEOFÍSICOS DE LOS TERRENOS MIOCENOS Y AZUFREROS DEL SURESTE DE ESPAÑA, POR SI EN ELLOS EXISTEN DEPÓSITOS DE HIDROCARBUROS SUSCEPTIBLES DE APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL

I

Dió origen al siguiente trabajo el resultado de los estudios geológicos hechos con el fin de averiguar si en determinadas regiones de España pudiera encontrarse petróleo o algún sustitutivo obtenido por procedimiento industrial, en previsión de que no tuvieran éxito las investigaciones que se hacen en otros lugares de la Península.

Se trata de la formación terciaria miocena de las provincias de Murcia, Almería y Albacete, donde se hallan los yacimientos de azufre de Lorca, Hellín, Gádor, etc., pues entre las rocas de esa época se encuentran pizarras arcillosas, margas, areniscas y calizas, con tránsito de unas a otras, que al golpear algunas con el martillo desprenden olor a petróleo, y reducidas a trozos pequeños, mejor a polvo, y arrojadas sobre el fuego, arden muy bien, producen mucha llama y dejan olor a petróleo quemado. Las muestras que recogí en la mina «San Juan Bautista», del término de Lorca, analizadas por el señor Hauser en el Laboratorio de la Escuela de Minas, dieron hasta 30 por 100 de hidrocarburos.

Como el paraje de donde se tomaron no fué expresamente elegido, ni se hizo un apartado o selección previa, cabe la duda de si será mayor o menor la riqueza en hidrocarburos de otras rocas de aquellos lugares o de otras de la misma formación y qué extensión, profundidad y distribución tendrán las zonas más ricas.

Además, ¿no pudiera ocurrir que en lo interior de la tierra estuvieran acumulados a presión, en huecos o cavidades, hidrocarburos gaseosos que no hayan podido encontrar fácil salida?

En condiciones tectónicas determinadas y con estructuras geológicas apropiadas, ¿no pudieran existir esos hidrocarburos al estado líquido en depósitos cerrados o impregnando capas porosas a profundidad desconocida?

En una palabra: esos hidrocarburos, que constituyen parte de la materia bituminosa que impregna las rocas, ¿son residuos de lo que allí ocurrió en épocas lejanas, o simples manifestaciones de algo que pueda hallarse en profundidad?

Complicadas y difíciles de contestar son esas preguntas, que pueden dar motivo a las más encontradas opiniones. Pero hay un hecho que a la vista está, y es que existen hidrocarburos impregnando masas de rocas a los 170 metros de profundidad.

Convendría averiguar si es posible su aprovechamiento industrial.

¿Existen procedimientos para la investigación de masas ocultas que inspiren garantías y permitan hacerla sin ocasionar grandes gastos?

¿Serían interesantes las enseñanzas deducidas del estudio geológico de esos terrenos?

Creemos que nada se perdería, a condición de que al estudio geológico, todo lo minucioso y detallado que sea posible, sigan otras clases de estudios utilizando instrumentos cuyo

manejo está fundado en la diferente acción de la gravedad, magnetismo, electricidad, ondas sísmicas, etc., sobre distintas clases de rocas y minerales, eligiendo el que se crea más adecuado para el caso concreto, pues son muchas las razones que influyen en la elección del procedimiento a seguir.

Los resultados que den las experiencias con esos instrumentos serán los que indicarán, con probabilidades de acierto, si deben o no ejecutarse sondeos profundos, y en caso afirmativo, el lugar del emplazamiento, así como la profundidad aproximada que han de alcanzar, es decir, se logrará tener datos que puedan servir de guía en ese oscuro y difícil problema de buscar algo de reducidas dimensiones a centenares de metros del suelo, donde la vista del Geólogo no alcanza y sólo puede informar por deducciones fundadas en observaciones superficiales sujetas a muchas causas de error.

Con la ayuda previa de los métodos geofísicos de investigación se disminuye, en la mayor parte de los casos, el número de perforaciones que hay que hacer. Si hubiera sido posible utilizarlos antes de ahora, es evidente que se hubieran ahorrado muchos de éxito dudoso, no olvidando que el gasto que ocasiona una investigación de esa clase es muy insignificante comparado con lo que ha costado el menos profundo de los taladros abiertos en España en busca de petróleo.

Admitidos que una región de España ha sido estudiada a conciencia en su mineralogía, paleontología y estratigrafía, sin olvidar la tectónica, orografía e hidrología, la elección del punto para el emplazamiento de un sondeo es cuestión en extremo delicada en la que el factor suerte tiene mucha intervención.

La experiencia demuestra de continuo cuán difícil es tocar un depósito con un taladro abierto en la bóveda de un anticlinal, que por lo regular tiene gran superficie y espesor; aparte de que esa misma experiencia va demostrando que no es pri-

vilegio exclusivo de los anticlinales el que en sus domas se acumule el petróleo, porque hasta en el fondo de sinclinales se han descubierto; ni tampoco gozan de ese privilegio los terrenos primarios y secundarios, pues también se han descubierto en los neogenos de muchos países, singularmente en América, donde se hallan los importantísimos depósitos de la Gulf Coast y Mexico.

Como no siempre el éxito corona la empresa, y los gastos de un sondeo profundo se cuentan por cientos de miles de pesetas, resulta de todo ello el descrédito del personal técnico que honrada y competentemente hizo el estudio, y el desvío de los capitales para otras empresas, de por sí arriesgadas.

Resultado nulo o negativo en un sondeo no debe interpretarse como negación absoluta de un reconocimiento, porque en ocasiones sólo demostrará que ha sido incompleto o que adolece de algún error técnico. Por millares se cuentan los hechos en Méjico, Estados Unidos, Rumania, Rusia, etc., hasta quedar reducidos al pequeño número de los que son utilizados.

Son múltiples las causas que hacen costosas y arriesgadas esta clase de trabajos, que son necesarios, pero que no pueden ni deben prodigarse por ser muy caros; la cuestión es el no hacer de ellos más que el uso debido después de utilizar otros medios de investigación más sencillos y baratos.

De continuo llegan al Instituto Geológico de España folletos y revistas en que se da cuenta de experiencias en cuencas carboníferas, potásicas, de petróleo, y en minas metálicas, con ofertas de respetables Compañías para hacer investigaciones de sustancias útiles, y aun para el estudio de fundaciones de presas, puentes, edificios, etc. Todo prueba que esos métodos pasaron del período del laboratorio al de la práctica industrial.

Pero un hecho ha llevado a nuestro ánimo ese convencimiento, y ha sido lo ocurrido en la cuenca potásica de Cata-

luña, donde los Ingenieros Sres. Huelin, García Siñeriz y Miláns del Bosch han hecho experiencias con la balanza de torsión «Eotvos», y el Sr. Miláns, con el Sr. Gil, operaron con el variómetro. Los resultados han estado de acuerdo con todo lo que a la tectónica y yacimiento potásico había escrito el señor Marín en sus informes y que en la parte investigada han puesto de manifiesto los sondeos abiertos.

II

Una rápida ojeada al mapa geológico de España descubre que el sistema mioceno ocupa gran extensión en la provincia de Murcia. El Sr. Mallada lo distribuye en cinco manchas, que denomina: Principal, de Jumilla, Lorca, Cartagena y de Mazzarrón.

El horizonte marino es el que está más ampliamente representado pues sólo cita como de origen lacustre probable dos manchas situadas: una al Sur de Cehegín y Caravaca y otra que se extiende al Noroeste de Cieza.

Tarea larga y penosa, pero necesaria, será deslindar los terrenos neogenos de Murcia y señalar las manchas lacustres que existan dentro de la gran formación marina. No nos sorprendería, dado lo que hemos visto, que aparezcan otras que serán eocenas, y con mayor extensión el oligoceno cual ha ocurrido en la cuenca del Ebro, en Cataluña y Aragón, representada hasta ahora como miocena.

Con relativa facilidad y abundancia se encuentran variadas especies de fósiles en las calizas margosas miocenas.

Los que citan los Sres. Silvertop, Botella, Mallada y los recogidos por el Catedrático del Instituto de Murcia Sr. Cánovas, que se conservan en el Gabinete de Historia Natural de ese Centro, son más que suficientes para asignar el carácter marino

a esos sedimentos terciarios, pues abundan los géneros *Ostrea*, *Pecten*, *Clipeaster*, *Cardium*, etc., y, sobre todo, restos de peces marinos muy completos y bien conservados.

Quien quiera obtener detalles sobre esa formación puede encontrarlos en los siguientes trabajos:

A geological sketch of the Tertiary formation in the provinces of Granada and Murcia, por Silvertop (1836).

Descripción geológico-minera de las provincias de Murcia y Albacete, por D. Federico Botella (1868).

Explicación del Mapa Geológico de España, por D. Lucas Mallada.

Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España, tomo VI (1907).

«Criaderos de hierro de la provincia de Murcia», por don Fernando B. Villasante. *Memorias del Instituto Geológico de España*, tomo I (1913) (1).

«Estudios hidrogeológicos en las provincias de Alicante y Murcia», por D. Enrique Dupuy de Lôme y D. Pedro Novo. *Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XVIII de la 2.^a serie (1917).

«Estudios de los yacimientos de azufre de las provincias de Murcia y Albacete», por D. José Meseguer y Pardo. *Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo V de la 3.^a serie (1824).

En el *Boletín de Minas y Metalurgia* aparecen:

«Informe de la visita girada a las minas de azufre de las provincias de Murcia y Albacete», por D. Horacio Bentabol. Año 1917, núm. 4.

(1) En el trabajo del Sr. Villasante hay una larga relación de publicaciones con noticias relativas a la minería y a la geología de la provincia de Murcia, a la que hay que añadir, entre otras: «Estudio de los yacimientos de hierro de Purias, Villarreal, Tebar, Romeral, Sierra Enmedio y Cehegín», por D. César Rubio; el de la Sierra de Carrascoy, por los Sres. Villasante y Fernández, y el de las «Minas de Cabezo Gordo», por D. Augusto de Gálvez Cañero, insertos también en el mismo tomo I.

«Estudio industrial de varios yacimientos metalíferos del término de Lorca (Murcia)», por D. Felipe Peña y D. Francisco Pato. Año 1918, núms. 9, 10, 11 y 13.

«Memoria de la visita girada a los distritos mineros de la 5.^a Región», por D. Horacio Bentabol. Año 1919, números 21 y 22.

«Estudio industrial de los yacimientos minerales de la provincia de Murcia», por D. José Carbonell y D. Felipe Peña. Año 1819, núm. 26. D. José Carbonell y D. José E. Portuondo. Año 1921, núm. 46.

«Nota sobre la composición de las blandas de Cartagena», por D. Ricardo Guardiola. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo XLIII (1923).

El rasgo característico de los sedimentos miocenos en Murcia es la presencia constante del tramo margoyesoso, que nunca falta.

En conjunto, por lo que a la mancha de Lorca se refiere, se pueden distinguir dos niveles: el superior, formado por caliza compacta cuando es pura, y terrosa cuando es arcillosabulosa, y molasas en las que predominan los granos de carbonato de cal con algunos de cuarzo unidos por un cemento calizo o margoso que dan a la roca el aspecto de una arenisca blanda de grano fino y color gris azulado.

El nivel inferior lo forman, casi exclusivamente, margas compactas más o menos coherentes, dominando las de estructura pizarreña y de colores oscuros y grises. Abundantes yesos en bancos de poco espesor o delgados lechos, alternando con calizas magnesianas y areniscas.

Apenas si en el término de Lorca se ven los conglomerados cuarzosos de gruesos cantos que en otros parajes están sobre las calizas, ni los que sirven de base al tramo margoso.

En el plano y cortes que acompañan al trabajo de los señores Dupuy y Novo, *Estudios hidrogeológicos en las provincias*

de Alicante y Murcia, se representa el mioceno en contacto con el eoceno por el Norte y Oeste; por el Sur, con el triás; por el Este penetra en el término de Totana y se oculta por el Sureste por bajo de los aluviones que forman el valle de Guadalentín en sus dos cuencas: la de Luchena al Norte de Lorca y la del valle del Viznaga al Sur, que en algún lugar llega a tener 10 kilómetros de ancho, y que se apoyan en el macizo de rocas del estrato cristalino contra el que tuvo lugar el plegamiento de las capas secundarias y terciarias, que en conjunto forman un anticlinal muy tendido y plegado varias veces, sin que dejen de presentarse lugares donde las capas están fuertemente inclinadas.

Roto ese anticlinal por las sierras triásicas de Tercia y del Caño y por otros asomos más pequeños, una serie de fallas paralelas al eje de aquél dejan a la vista el orden de sucesión de las capas.

De esas fallas, la más marcada es la que corre a lo largo de los cabezos que forman la «Serrata de Lorca» que llega hasta las estribaciones de la Sierra de Tercia después de pasar por la del Caño, de la que está separada por el valle del río Guadalentín. Su recorrido es de unos 10 kilómetros en dirección Sur-Suroeste a Norte-Noreste.

En la «Serrata de Lorca», a unos 40 kilómetros al Noroeste de la ciudad de este nombre, se hallan las más importantes minas de azufre de la provincia. Allí no aparecen los conglomerados más elevados ni las calizas del tramo superior que sólo está representado por algunas molasas en la zona que limitan: por el Sur, el «Castillo de Lorca», las laderas del Norte de Peña Rubia y las estribaciones de Poniente de la Sierra de Tercia, y por el Norte, la «Serrata».

La parte más alta son masas de yeso compacto de colores gris y blanco que alternan con lechos de arenisca calífera, arcillas y margas, cuyo conjunto pasa a veces de 50 metros.

Sigue la zona esencialmente margosa, formada de margas pizarreñas, compactas unas, terrosas y poco coherentes otras. Con ellas alternan pequeñas capas de arenisca de grano grueso y fino con cemento algo calizo, pizarras arcillosas de colores muy oscuros, casi negras, arcilla, caliza dolomítica y algún yeso.

La mayor parte de esas rocas desprenden fuerte olor a petróleo, de preferencia en las fracturas recientes o cuando no han estado en contacto con los agentes exteriores.

La dirección media de los estratos es la misma de la «Serrata», con buzamientos al Oeste-Noroeste e inclinaciones que varían de 20 a 35 grados.

Entre estos sedimentos aparecen capas de caliza muy margosa, bien estratificadas, que apenas si tiene alguna un metro de espesor, acompañadas de otras más delgadas de yesos. Aquéllas contienen íntimamente asociado azufre en estado amorfo, en granos, pulverulento en lentejuelas y pequeñas bolsadas.

Desde mediado del siglo pasado fueron objeto de explotación, habiendo dado la mayor producción la capa más alta, llamada «lastra de arriba» que tiene una ley media de azufre de 15 a 20 por 100.

En el pozo «Sagrado Corazón de Jesús», del coto «Felicidad», se cortó a los 110 metros, y en la mina «San Juan Bautista» se ha explotado alrededor de los 170 metros.

De las calizas, tanto de las estériles como de las que contienen azufre, han salido la mayoría de los fósiles, de preferencia restos bien conservados de peces y de vegetales.

Manifestaciones azufreras hay en los Yesares, Las Colegialas y otros lugares de las diputaciones del «Río» y «Barranco Hondo», en una zona de uno a dos kilómetros de anchura por diez de largo, en las lomas de Jofre, diputación de Zarcilla de Ramos, etc.

En la provincia de Murcia las hay también en los términos de Campos, Lorquí, Molina, Fortuna, Abarán, Moratalla, Cotillas, etc., continuando el mioceno en la de Albacete, donde se hallan los nombrados criaderos de Hellín y los menos conocidos del Cenajo y Socovos.

III

El día 12 de enero del año 1903, los obreros que trabajaban en la galería más profunda de la mina titulada «San Juan Bautista», del término de Lorca, diputación del «Barranco Hondo», fueron sorprendidos, sin que nada anormal lo hiciera sospechar, por una fuerte detonación acompañada de rápida combustión de gases que duró breves instantes y que ocasionó graves quemaduras a seis (1).

Encargado de la información sobre la causa de ese accidente, pude deducir que la explosión fué producida por el «metano, formeno o grisú» y otros hidrocarburos procedentes de la destilación de las sustancias bituminosas que impregnaban las rocas.

A esa hipótesis se llegó después de conocer el resultado de los análisis y experiencias que hizo el Sr. Hauser en el Laboratorio de la Escuela de Minas con rocas procedentes de aquella mina y de haber excluido los gases que por sus propiedades era imposible fueran causa del accidente, dado que en éste hubo combustión y no produjeron la muerte de los obreros por asfixia.

El caso era más de sorprender, por cuanto ni en las minas de Lorca ni en las de Hellín, con explotación más intensa, se

(1) *Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería*, 1 y 8 de abril de 1905. «Sobre una explosión de grisú en la mina «San Juan Bautista», de Lorca», por D. Vicente Kindelán.

habían dado cuenta de la existencia del grisú, y mucho menos en la proporción necesaria para que, mezclado con el aire, produjera explosión. Es cierto que en las explotaciones de azufre de Sicilia hay emanaciones que son exclusivamente de hidrocarburos que dan lugar a incendios sin que ocurran graves accidentes y mucho menos explosiones, pues sólo tuvimos noticias de una en la mina «Botarella».

Según los datos que nos proporcionó el Sr. Hauser, un gramo de pizarra arcillosa, destilada completamente a baja temperatura durante cuatro horas, produjo un volumen de gas combustible a 0 grados y 760 milímetros de 90 centímetros cúbicos; es decir, que una tonelada daría 90 metros cúbicos, y un metro cúbico de roca *in situ*, supuesto peso específico de 2,5, podría dar 225 veces su volumen de gases análogos.

Recogidos sobre agua saturada de sal común y dejados reposar durante cuarenta y ocho horas para que se condensaran las materias bituminosas, se obtuvo el siguiente resultado:

	A	OBSERVACIONES
Hidrógeno sulfurado.....	>	
Ácido carbónico.....	16,50	
Hidrocarburos no saturados.....	2,10	Destilación completa de
Oxígeno.....	2,70	pizarras margosas de co-
Óxido de carbono.....	28,00	lor pardo oscuro.
Hidrógeno.....	10,30	
Metano	14,80	
Nitrógeno (por diferencia).....	26,20	
TOTAL.....	100,60	
Gases combustibles, excluyendo SH ₂	55 %	

La gran cantidad de óxido de carbono e hidrógeno que tienen los gases de esta destilación provienen, respectivamente,

de la acción mutua del ácido carbónico de la caliza sobre los hidrocarburos y de la dissociación de éstos con la elevada temperatura del final de la operación.

Considerando que esta destilación no correspondía a lo que pudiera suceder en la Naturaleza, se hicieron otras tres a la menor temperatura posible, terminándolas por debajo del rojo, hasta recoger en la segunda (B) y en la cuarta (D), en poco más de media hora, la mitad del volumen obtenido en (A), y en algunos instantes en la tercera (C) el cuarto del mismo volumen, lo que demuestra la facilidad relativa con que esas rocas dan gases inflamables.

El resultado de los análisis de los productos gaseosos de las destilaciones (B) y (D) se expresan en el siguiente cuadro:

	(B)	(C)	(D)	OBSERVACIONES
Hidrógeno sulfurado...	10,50	36,20	27,30	(B) y (C).—Destilación de pizarras margosas de color pardo o oscuro. Análisis efectuados inmediatamente de recogidos $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{4}$ respectivamente del volumen de gas (A).
Ácido carbónico.....	32,70	23,40		
Hidrocarburos no saturados.....	7,10	4,80	3,60	
Oxígeno.....	4,20	1,90	5,40	
Óxido de carbono	3,00	2,60	7,30	
Hidrógeno.....			3,60	
Metano.....	23,60	12,60	20,00	(D).—Pizarras de color pardo-claro. Análisis después de cuarenta y ocho horas de reposo con $\frac{1}{2}$ del volumen de (A).
Nitrógeno (por diferencia).....	19,00	18,60	33,00	
TOTAL.....	100,10	100,10	100,20	
Gases combustibles excluyendo S H ₂ ,.....	55,20 %	20 %	34,50 %	

No se hace referencia al ácido sulfuroso porque no puede existir en el aire húmedo o en disolución en presencia del hidrógeno sulfurado.

Parte del gas (C), que por el corto reposo de agua salada

había perdido algo de ácido carbónico e hidrógeno sulfurado, se mezcló con aire en la proporción de 15,5 volúmenes de gas para 84,5 de aquél, formándose un gas explosivo que detona perfectamente por la acción de la chispa eléctrica, produciéndose una contracción de 16,80 por 100 del volumen total del gas y una producción de ácido carbónico y ácido sulfuroso equivalente a 70 por 100 del volumen (15,5) del gas combustible.

Como idénticas rocas que las analizadas se hallan en parajes relativamente distantes de la misma formación y se encuentran tanto próximas a la superficie del suelo como en las labores mineras, es posible que allí haya una gran cantidad de hidrocarburos almacenada en lo interior de la tierra, formando parte de la materia bituminosa que impregnan las rocas en cantidad que se desconoce, así como su distribución en la superficie y en profundidad, su riqueza media y zonas de mayor concentración. Y todo ocurre en una zona donde las manifestaciones de azufre son tan abundantes.

Si no fuera por la elevada proporción de hidrocarburos que arrojan esos análisis y por la cantidad de material pétreo que los contiene, el hecho nada tendría de extraordinario para que en él fijáramos nuestra atención, pues en otras minas de azufre, Giovanello (Castell Términi) y Girona (Racalmonte), se han descubierto grietas por donde llegaron en gran cantidad. En las de Conil, Arcos y Villamartín, de la provincia de Cádiz, se han comprobado también emanaciones análogas, lo cual está muy en armonía con las hipótesis hoy más admitidas, para tratar de explicar la génesis del azufre en terrenos sedimentarios salino-yesosos, que excluyen las teorías de un régimen volcánico por no haber muchas veces el menor vestigio de rocas eruptivas en las proximidades de esos criaderos y por la constancia del mineral en estratos situados a un mismo nivel geológico, acompañado por restos orgánicos de naturaleza vegetal y animal y casi siempre por yesos y sales alcalinas.

Admitido el origen orgánico del azufre, dos son las teorías que desde hace tiempo se disputan la supremacía y que en todos los tratados de criaderos minerales están desarrolladas con detalles.

La de Braun (1), que fué quien primero estudió más detenidamente el criadero de Libros (Teruel) (2), dice que el azufre proviene de la reducción local del sulfato de cal por hidrocarburos, reacción que da primero sulfuro de calcio; éste, por la acción de los agentes atmosféricos, produce un primer precipitado de carbonato de cal y una cantidad correspondiente de hidrógeno sulfurado, que se descompone, oxidándose el hidrógeno. El azufre queda libre, y en presencia del monosulfuro no descompuesto se forma un polisulfuro de calcio que en contacto con la atmósfera, se descompone a su vez produciendo un precipitado de azufre y de carbonato de cal, de suerte que, finalmente, se debe tener una mezcla conteniendo 24 por 100 de azufre como máximo, que es precisamente la relación de los equivalentes de éste y del carbonato de cal. Las zonas de mayor o menor riqueza son debidas a que se han producido en el intervalo de las diversas precipitaciones corrientes del agua del mar y movimientos del suelo que han acumulado los polisulfuros en un punto y el carbonato de cal en otro. Para que esas reacciones tengan lugar es preciso, además de los hidrocarburos, la presencia del yeso y una corriente de agua.

¿Cuál es el origen de esos hidrocarburos? Nada se sabe de un modo exacto, y para orientarse hay que recurrir a lo que se ha supuesto para el origen del petróleo líquido que se encuentra en la Naturaleza, que al fin no es sino un conjunto muy

(1) GEORGE I. ADAMS: «Oil and gas fields of the upper cretaceous and tertiary formation of the Western Gulf Coast». *Bull. U. S. Geol. Surv.* 1901.

(2) *Bull. Soc. Géol. France*, tomo XII, pág. 169.

complejo de hidrocarburos saturados y no saturados, grasos o aromáticos.

Asombra pasar la vista por los catálogos con bibliografías sobre yacimientos de petróleo, avalorados los trabajos con las firmas de los más reputados Químicos, Geólogos e Ingenieros especialistas, sin que se halla llegado a un acuerdo ni aun en lo más fundamental.

La formación químico inorgánica la defienden Químicos de gran reputación; la volcánica o de origen exclusivamente interno tiene por propagandistas a algunos nombrados Geólogos teóricos, y de la química orgánica son partidarios los Geólogos especialistas e Ingenieros prácticos, y es, por consiguiente, la que más adeptos cuenta, sin que esto quiera decir que en ciertos casos alguna de las dos primeras no dé explicación más adecuada que la tercera.

Admitidas como más probables las teorías orgánicas, que hacen derivar el petróleo de los materiales procedentes de los organismos cuyos restos encontramos fosilizados entre las rocas sedimentarias, se pueden hacer dos grupos principales: las de origen vegetal, que hacen derivar el petróleo de las partes volátiles de los mantos de lignito, o de los de carbón fósil, que apenas si hoy tienen partidarios, y las que suponen que es debido a la destilación de las grandes masas de vegetales, algas principalmente, que dan el mar y los lagos.

Esta teoría tiene cada día más defensores, después que Lakes ha descrito las formaciones que se conocen con el nombre de «Kelps», que se encuentran a lo largo de la costa Sur de California, refiriéndose a unas fajas de vegetación constituidas por algas que se desarrollan extraordinariamente, formando un tejido de órganos vegetales subacuáticos que presentan en la superficie los órganos aéreos; esta vegetación abarca una extensión muy considerable, de una anchura comprendida entre media y una milla, y una longitud de varios

grados entre las ciudades de La Jova y San Diego (1), a distancia de la costa como de dos millas. Entre los jardines de «Kelps» y la costa, la faja de aguas marinas se asemeja a un lago, presentando la superficie relativa tranquilidad. Después de las grandes tempestades, grandes masas de algas que han sido arrancadas del fondo del mar se encuentran en elevados montones sobre las costas, cubriendo muchas áreas de terreno en California, siendo probable que estas mismas algas se depositen en el fondo del mar, entre la faja de Kelps y la costa, constituyendo allí acumulaciones de materiales que se han sustraído a la acción directa de la atmósfera, y a alta mar serán arrastradas grandes cantidades de detritus vegetales de esta clase por la acción de las corrientes submarinas.

Otro ejemplo notable es el mar de los Sargazos, en donde la superficie se encuentra ocupada por la vegetación de algas marinas, cuyas raíces y órganos sumergidos tienen una longitud de varios centenares de brazas, hasta afianzarse en el terreno que forma el fondo del mar.

Esta actividad, verdaderamente notable, ocupa una superficie de cuatro millones de kilómetros cuadrados, extendiéndose la región subacuática a una profundidad de 500 brazas.

Entre las teorías que admiten el origen animal, las hay que hacen derivar el origen del petróleo de la destilación, en el seno de los estratos, de los restos de peces, moluscos, esponjarios, corales, etc., etc., y las que consideran como el material originario las acumulaciones de lodos que contienen en abundancia restos de bacterias y microrganismos.

Las primeras son las que tienen hoy más partidarios; admiten que los hidrocarburos en estado gaseoso, líquido y sólido proceden del protoplasma, contenido en enormes cantidades

(1) *Enciclopedia Universal Ilustrada Española*. Espasa. Tomo XLIV, página 192.

en todas las épocas geológicas, y a ello corresponden los análisis de hidrógeno, oxígeno y azufre, según la composición de las proteínas.

Cuando los organismos inferiores caen y se incluyen en los elementos arenosos en los que no hay celulosa ni bases inorgánicas, pueden en un medio reductor dar lugar a los hidrocarburos saturados del petróleo a expensas del protoplasma. Ahora bien: el agua marina de fondos no removidos está exenta de oxígeno, y sus arenas ofrecen una buena vasija de formación, siempre que se aísen rápidamente con otro lecho hermético de arcilla o marga.

Gavala (1) hace referencia a las experiencias de Engler, quien destilando grandes cantidades de aceite de pescado y de grasas artificiales a presiones de 10 a 20 atmósferas y temperaturas entre 300 y 400 grados, obtuvo un producto compuesto en su mayor parte de hidrocarburos saturados, aunque todavía con un tercio de su peso de hidrocarburos no saturados.

El producto de la destilación de Engler le sometió Heusler a la acción del cloruro de aluminio y llegó a transformarlo por completo en hidrocarburos saturados, llegando a la conclusión de que el petróleo se forma por la putrefacción de cuerpos animales marinos, habiendo sido eliminada la substancia azoada en forma de sales amoniacales. Dice también cómo Hofer, Zalozieck y Ochsenius han tratado de interpretar esa transformación y cómo ha podido efectuarse en la Naturaleza. El último es el que más precisa las condiciones en que se ha formado el petróleo, y supone que el agua del mar, al evaporarse en cuencas cerradas, deposita primeramente una parte del sulfato de cal que disolvía en estado de yeso, después la sal gema, y, por último, otra parte de sulfato de cal en estado de anhidrita.

(1) *Regiones petrolíferas de Andalucía*, por D. Juan Gavala. Mapa Geológico de España, tomo 37, serie 3.^a, año 1916.

Con posterioridad al depósito de las capas salíferas, las aguas madres que contenían sales de potasa y magnesia fueron vaciadas en el Océano por movimientos del suelo y occasionaron la muerte de los animales en grandes masas, que quedaron sepultados en la arcilla que llevaban en suspensión, formando una capa impermeable.

Como la putrefacción de las sustancias albuminoideas da siempre origen a productos de descomposición gaseosos, tales como el ácido carbónico y el amoniaco, que hubieran podido romper la capa protectora de arcilla y exponer así a las materias orgánicas a la destrucción completa por la acción oxidante del aire, Mr. Ochsenius admite que por una reacción completa, análoga a la que se opera para la fabricación de la sosa por el procedimiento Solvay, el cloruro de sodio contenido en las aguas madres se ha transformado, al contacto con el ácido carbónico y del amoniaco, en carbonato de sosa y cloruro amónico, es decir, en sales solubles en el agua y sin peligro para el desarrollo de las sales formadas.

Resultando eliminados de esta manera los cuerpos albuminoideos, sólo quedarían los cuerpos grasos, que serían transformados más tarde en hidrocarburos, siempre bajo la acción de las aguas madres y de la fuerte presión de las capas depositadas encima.

La otra hipótesis sobre la formación del azufre, que hace intervenir a los organismos vivientes y que con determinadas evoluciones va alcanzando preponderancia, se debe a Hunt (1), quien lo atribuye a la reducción del yeso por ciertas bacterias anaerobias que consumen sulfato cálcico poniendo en libertad el ácido sulfídrico, que por oxidación da lugar a la producción de azufre libre.

(1) «The Origine of Sulphur Deposits in Sicily» *Econ. Geol.* Volumen 10 (1913), págs. 543-579.

Son, pues, las bacterias y microrganismos quienes juegan papel principal en esas transformaciones. Hecho por demás conocido es la existencia de ácido sulfídrico originado por la influencia de los microrganismos en todos los fenómenos de putrefacción, sobre todo por vía anaerobia, y determinados microbios la producen en todo caso.

La acumulación de lodos que contenían en abundancia restos orgánicos vegetales y animales, en mares profundos con aguas estancadas en sus fondos por falta de corriente de circulación, iniciaron con las bacterias y microrganismos los fenómenos de putrefacción que dieron origen a aquel gas, cuya presencia se acusa en mayor o menor proporción en las marismas de los trópicos, sobre todo en los fangos marinos de todas las latitudes y aun en el mismo Océano.

En el trabajo ya citado de Meseguer, hay un resumen de los fundamentos de estas teorías microbianas, y en él se hace referencia a una parte de su bibliografía.

Recuerda los estudios de los Hidrógrafos rusos Woeikoff (1), Spindler y Wangell (2), tomando como tipo el Mar Negro, donde a la profundidad de 150 metros el agua tiene el olor característico del ácido sulfídrico; a los 400 metros, la gran cantidad que de él existe hace ya imposible la vida de los organismos, y a los 2.160 metros ha encontrado Troulet que un litro de agua contiene 6,55 centímetros cúbicos, cuya proporción, fuera de toda normalidad, continúa aumentando proporcionalmente hasta llegar al fondo, donde tiene lugar la producción del ácido sulfídrico gracias a determinados microbios.

La producción de gas a través del tiempo con ausencia de

(1) *Die Tiefseeforschungen im Schwarzen Meer*, págs. 31-37.

(2) *Materiales para la hidrología del Mar Negro y el de Azow*. (En ruso, con resumen en francés.)

materias orgánicas, y, por consiguiente, de elementos que puedan sufrir la putrefacción, la explica diciendo que entre los alimentos microbianos hay uno de primordial importancia: es el oxígeno que existe en el agua del mar procedente directamente de la atmósfera, y que se renueva, como es natural, difícilmente en las regiones abisales donde existe estancamiento de aguas densas y frías.

En esta área los organismos que viven en el fondo consumen el oxígeno con cierta rapidez, y las bacterias privadas de tal alimento se hallan en la precisión de tomarlo a los sulfatos, operando su reducción (1).

La producción del azufre partiendo del ácido sulfídrico es debida a la oxidación de éste por el oxígeno que, procedente de la atmósfera, llevan las aguas en disolución en proporciones variables, según la profundidad, etc.

Pero hay quien supone que esa oxidación puede aparecer como resultado de un fenómeno bioquímico complejo, con intervención de bacterias filamentosas denominadas *sulfurarias*, que Vinogradsky (2) ha dado a conocer, y que según Egou-nouw, ejercen actualmente su acción en el Mar Negro.

Dichas *sulfurarias*, que forman ciertas vegetaciones conocidas con los nombres de *glairina* y *baregina*, contienen azufre en libertad entre las células de su protoplasma que necesitan naturalmente para vivir.

En los estudios aludidos están los detalles para comprender el desarrollo de estas teorías.

Nos hemos extendido en este apartado III más de lo debido, dando lugar a confusión al rozar, aunque muy someramente, tan oscuras y complicadas materias, que son objeto de apasionadas discusiones.

(1) DE LAUNAY: *La Science Géologique*. 3.^a ed., pág. 341 bis.

(2) *Beltor. zur Morphol der Bakterien*.

Bastaba con haber señalado la existencia de criaderos de azufre entre materiales sedimentarios, sus características y las de las materias bituminosas que impregnán las rocas que al destilarlas producen con facilidad y abundancia hidrocarburos y otros gases combustibles. Pero hemos querido recordar que hoy se admite como más probable que en el origen de esa clase de criaderos juegan papel primordial los depósitos de materias orgánicas, animales y vegetales, lo mismo que ocurre cuando se trata de investigar el origen del petróleo.

Y aun cuando no es constante la asociación del azufre, del yeso y de la cal con el petróleo, son tantas las minas donde ocurre eso, tan idénticos los materiales que se supone intervienen en su génesis, y en el caso particular de la «Serrata de Lorca», el estar las rocas fuertemente impregnadas de materias bituminosas ricas en hidrocarburos saturados, que nos ha hecho pensar en lo que allí pudo ocurrir en remotos tiempos, en lo que actualmente pudiera existir en profundidad, y, si algo hubiere, ver si se puede aprovechar.

IV

La experiencia enseña que las condiciones esenciales que ha de reunir un terreno que se desea investigar en busca de hidrocarburos son manifestaciones externas y estructura geológica.

Concretándonos a la «Serrata de Lorca», resulta que allí hay una cantidad nada despreciable de materia bituminosa, rica en hidrocarburos que impregnán parte de las rocas. Esta materia bituminosa representa residuos de una especie de destilación interior que han seguido su camino por fallas y grietas hasta llegar a la superficie del suelo.

Abundan también manantiales de aguas saladas y sulfuro-sas, que son consideradas como indicios favorables.

Se recomiendan las estructuras anticlinales que no sean muy cerradas; las capas miocenas del valle de Lorca forman un anticlinal muy tendido y plegado varias veces. Entre las domas o cúpulas pudieran elegirse aquellas que se estimen más apropiadas por su situación con relación a la línea de manifestaciones externas, pues hasta ahora es en ellas donde se han visto las mayores, o, por lo menos, las más constantes acumulaciones.

Son rocas preferentes las alternancias de areniscas, margas y calizas margosas en bancos pequeños, pero con capacidad suficiente, de la roca porosa. Esas clases de rocas igualmente dispuestas son las que integran geológicamente el paraje citado.

Para que las acumulaciones se verifiquen, es preciso que las capas porosas estén sometidas a presión del agua por el nivel hidrostático; lo mismo debe ocurrir en Lorca, donde la formación miocena está casi por completo rodeada de levantamientos con elevadas cotas.

Esas son las condiciones más indispensables que se recomiendan para dar principio a una prospección de este género, pues la profundidad a que puede hallarse el origen de esas manifestaciones y su relativa importancia, es precisamente lo que se pide, en lo posible, a los métodos geofísicos, para que vengan en ayuda del Geólogo a decidir que desista o continúe la investigación por medio de sondeos.

Llegado a este punto, ocurre preguntar: Las manifestaciones de la «Serrata de Lorca», ¿son suficientes para que sólo con ellas se arriesgue un capital, aunque sea pequeño, en empresas de esa índole?

Se podía responder que aun no teniendo un valor extraordinario, también es cierto que con peores manifestaciones se han hecho costosas perforaciones. No se nos ocurriría dar tan arriesgado consejo sin antes proceder con gran cautela y acu-

dir a otros medios. Mucha fortuna, unida a larga experiencia, pueden contribuir al éxito en la elección del emplazamiento de los sondeos; pero tampoco debe olvidarse que en todas partes se comenzaron las investigaciones por tanteos dentro de las condiciones indispensables. La cuestión estriba en que esos tanteos se hagan con las mayores garantías de éxito, para aminorar los riesgos que estas empresas traen y disminuir el número de perforaciones y su costo.

Asegurar sólo por esos indicios que existe un depósito de petróleo en profundidad o que se pueden aprovechar económicamente los hidrocarburos destilando las rocas, sería por demás aventurado. Pero creemos que tampoco puede negarse en absoluto mientras no se conozca la formación geológica que los ha producido ni su capacidad productora. Para tratar de saber todo eso es para lo que están indicados los procedimientos de investigación geofísica, muchísimo menos costosos y más rápidos que los sondeos. Cada día son más empleados, porque utilizan instrumentos y procedimientos más perfeccionados y económicos. Son los que han de decidir dónde ha de actuar el tren de sondeo, que al fin es el que aclara lo desconocido, que fué sospechado por el Geólogo.

V

Los procedimientos de investigación de masas ocultas basados en la Geofísica, ciencia íntimamente ligada con la Geología, adquieren de día en día mayor importancia y son cada vez más empleados, pues con ellos se han obtenido sorprendentes resultados, no sólo en el descubrimiento de minerales útiles, sino también ayudando al Geólogo para determinar fallas, estructuras geológicas, bases para fundaciones de presas, puentes, edificios, etc., etc. A ese resultado se ha llegado

déspués de operar en campos de experiencias bien reconocidos, donde se ha comprobado la conformidad entre lo que en el terreno existe descubierto y lo que esos procedimientos han señalado.

Es evidente que el estudio geológico previo es indispensable, y que en vista de este estudio el Geólogo emite una opinión que los métodos geofísicos pueden comprobar con muchas garantías de acierto o rechazarla por no estar de acuerdo con los datos que suministran.

La literatura que de esta materia conocemos está sumamente repartida en folletos, revistas científicas, etc., que llegan a la sección especial que a esa rama de la ciencia está dedicada en la Biblioteca del Instituto Geológico de España. Esperamos que en el próximo Congreso de Geología se procurarán los medios para recopilar y unificar todo lo publicado, aparte de los nuevos trabajos que esperamos se presenten y que seguramente han de llamar la atención.

Como esos métodos geofísicos no son conocidos de la generalidad, creemos oportuno dar una ligera idea de algunas de sus características esenciales. El detalle de los instrumentos y modo de operar puede conocerlos, quien así lo deseé, en el Instituto Geológico de España.

Los métodos geofísicos aplicables a la investigación geológica se pueden dividir en tres grandes grupos. El primero comprende los que se fundan en las propiedades de la materia que pueden ejercer influencia a distancia, como son la gravedad y el magnetismo terrestre. El segundo reúne los procedimientos fundados en la diferente conductividad en las rocas y minerales de las corrientes eléctricas y de las ondas electromagnéticas. Y el tercero utiliza como medio de reconocimiento el estudio de las velocidades de propagación de ondas sísmicas producidas artificialmente.

Además, hay otros de menos importancia en el día de hoy;

que se fundan en la medición de la radioactividad, en el análisis químico y en el microscópico.

Métodos de la balanza de torsión de Eotvos.—En cada punto de la superficie terrestre se puede calcular el valor de g por medio de fórmulas que en el transcurso del tiempo han sufrido diversas modificaciones, o también puede medirse directamente por medio de observaciones pendulares.

Se ha visto que los valores de g así obtenidos presentan anomalías generales unas veces y locales otras. Estas últimas son las que nos interesan, por ser producidas por las variaciones de densidad de las rocas que constituyen el subsuelo del lugar de observación. Si se pudiera medir con gran exactitud las variaciones de g en diferentes puntos de una zona limitada, podríamos emitir hipótesis sobre las diferencias de densidades de las rocas ocultas a nuestra vista y deducir de ellas conclusiones geológicas.

Este es el problema que ha resuelto Eotvos con su balanza de torsión. Las magnitudes que mide, llamadas gradientes (1), tienen una exactitud del orden 10. Esta enorme apreciación tiene algunos inconvenientes, porque una masa pequeña muy próxima, por ejemplo, de una tonelada, puede ejercer más influencia que otra de muchos miles situada a algunos kilómetros.

La balanza consta, en su esencia, de un balancín suspendido en su centro de gravedad por un hilo finísimo de platino iridiado. En uno de los extremos del balancín pende otro hilo más grueso de latón, con un peso en su parte inferior, equilibrado todo ello por un contrapeso situado en el extremo opuesto del balancín. Si este conjunto está colocado en un campo de

(1) Gradiante es la variación de g para la distancia de 1 centímetro, contada en la dirección conveniente para que sea máxima.

Llamando s esa dirección, el gradiente es igual a $\frac{dg}{ds}$.

fuerzas gravitatorias completamente uniforme, y además admitimos que las superficies de nivel sean planas, o, lo que es lo mismo, que las fuerzas en todos los puntos sean paralelas, el balancín estará en equilibrio, cualquiera que sea la orientación en la que le coloquemos, unido a su hilo de suspensión y contrapesos. Pero si las fuerzas de gravedad que actúan en los extremos del balancín no son iguales y paralelas, se producirá un par de torsión. Al girar un cierto ángulo la cabeza de suspensión del hilo, el balancín no girará la misma cantidad, sino que habrá una cierta diferencia, que es la que se mide en la balanza por un procedimiento óptico de registro fotográfico.

Repetiendo la operación en cinco azimutes, si se trata del aparato con un solo balancín, o en tres si se tienen dos, como el modelo del Instituto Geológico, se tienen los datos necesarios para calcular el gradiente de la estación. Representando los gradientes en magnitud y dirección sobre el plano topográfico del terreno, nos permiten ver las zonas de mayor y menor densidad, cuyo dato, unido al estudio geológico previo, permite emitir la hipótesis que se busca.

Este procedimiento es lento; no es posible hacer más de una estación al día, y como es preciso efectuar un considerable número de ellas para desechar las que suministran gradientes en desacuerdo con los circundantes, debidos a perturbaciones muy localizadas, y sólo considerar el conjunto de los que, por seguir una marcha general, nos indican la variación geológica del subsuelo, es relativamente costoso comparado con los otros, por lo que debe emplearse después de los métodos más expeditos, con el objeto de afinar los datos adquiridos y sólo trabajar en las zonas ya delimitadas por éstos.

Además, en terrenos muy montañosos parece ser que no han tenido gran éxito.

Método de las mediciones magnéticas. — El campo magnético terrestre está influído por las diversas clases de rocas que

constituyen la corteza del globo. En las zonas de buena conductividad magnética, las líneas de fuerza se condensan, produciendo un aumento de los elementos magnéticos. Lo contrario sucede en las zonas poco conductoras.

Las mediciones magnéticas nos permiten apreciar ese cambio de permeabilidad magnética del subsuelo, que, unido al indispensable estudio geológico del mismo, nos podrá bastar para comprobar o desechar la hipótesis de la existencia de un mineral útil. Así, en la zona potásica de Cataluña, el campo magnético estará debilitado con relación al de los terrenos circundantes, por ser poco permeable a su flujo, y por ello la zona aprovechable estará indicada por el grupo de los valores menores.

De todos los elementos magnéticos de un punto sólo se utilizan en la práctica la declinación y la componente vertical de la densidad del campo, llamada, para abreviar, intensidad vertical, cuyas variaciones de valor se miden con los variómetros.

Entre éstos merece mencionarse el de Schmidt, que consta de una caja cilíndrica de latón, en la que hay un imán apoyado sobre un cuchillo de cuarzo en posición horizontal aproximada. En la cara superior de la barra imantada se ha colocado un espejo, y en su vertical un anteojos con escala en el ocular. Está provisto de un nivel y de una platina con articulación esférica; para que no se desgaste el cuchillo de apoyo del imán, éste puede elevarse por medio de unos caballetes; en el extremo de la caja van dos termómetros.

Para efectuar una observación se coloca primero una brújula para determinar la posición del meridiano; después se quita aquélla y se coloca el variómetro, nivelándolo en las dos posiciones de 90 grados del meridiano, quedando, por tanto, perpendicular al mismo el eje del imán. Entonces se suelta el mecanismo de retención y se observa el número de divisiones

que se ha desplazado en la escala reflejada por el espejo con relación a la fija. Se anotan la temperatura y lecturas de nivel para efectuar una corrección.

Como vemos, el variómetro sólo nos suministra valores relativos. Es preciso primero determinar en el observatorio de partida la posición de la escala que corresponde al valor de la intensidad vertical, que se mide y calcula por los procedimientos más exactos.

Hay que determinar también la sensibilidad del variómetro, es decir, el valor de una división de la escala. Esta sensibilidad puede variar en el transcurso de un viaje de trabajos, por lo que habrá que calcular su valor al regreso y durante el mismo. También es preciso eliminar la influencia de las variaciones seculares del magnetismo terrestre, corrigiendo los valores observados para que sean comparables entre sí, para lo que se emplea el variómetro registrador, que también hay en el Instituto Geológico.

De modo que para poder efectuar estudios geológico-magnéticos de una manera sistemática, hay que montar un observatorio en el que los aparatos registradores estén funcionando permanentemente, y del cual es preciso determinar exactamente los elementos magnéticos.

Los valores observados en los diferentes puntos, referidos a un valor básico, se colocan sobre un mapa topográfico,uniendo por líneas los de valores iguales. Estas líneas se llaman *isodinamas*, y están perturbadas por las variaciones que corresponden al campo magnético terrestre normal. Si las corrigiéramos en esa perturbación quedaría de completo acuerdo con las perturbaciones locales, que son las que interesan al Geólogo, para lo cual es preciso el mapa magnético detallado de la intensidad vertical en la región que se estudia.

Efectuada la corrección, se pueden dibujar las *isanómalias* de la intensidad vertical, estrechamente unidas a la constitui-

ción geológica del suelo. En la zona potásica de Mecklemburgo, el Dr. Schuh ha empleado este método con gran éxito.

Método de las líneas equipotenciales de Schlumberger.— Si se unen dos puntos del terreno situados a una distancia de 100 a 1.000 metros con los polos de un generador de energía eléctrica, la corriente circula de uno a otro polo por infinidad de líneas. El potencial disminuye rápidamente cuando nos sepáramos del punto de origen, y si la conductividad del terreno fuese completamente uniforme, las líneas de corriente formarían una figura simétrica, que en los demás casos estará deformada. Las zonas más o menos conductoras se acusarán por esas deformaciones.

En lugar de considerar las líneas de corrientes, se tienen en cuenta las que unen los puntos del mismo potencial, llamadas líneas *equipotenciales*, que son más fáciles de determinar.

Para determinar las *curvas equipotenciales* se introducen en el terreno los electrodos de un alternador de 500 períodos por segundo; la distancia entre los dos polos puede alcanzar hasta 1.000 metros, y están unidos por un conductor en el que se intercalan resistencias de manera que la pérdida de tensión sea paulatina y pueda medirse con un voltímetro. Se elige un punto de esa resistencia al que corresponde un cierto voltaje, y desde él se deriva un conductor aislado, terminado en un piquete metálico que se puede clavar en el terreno. Entre el origen y el final de este conductor se intercala un teléfono. Si el piquete, llamado electrodo de tacto, se clava en un lugar que posea el mismo voltaje que el que hemos elegido como inicial, el teléfono no sonará; en el caso contrario, dará un zumbido. Repitiendo el tanteo repetidas veces y variando el voltaje del punto de partida, quedarán determinadas en el terreno las líneas equipotenciales. Las curvas citadas no se determinan por completo, sino que sólo suelen medirse a lo largo de cortes geológicos o en zonas muy limitadas que interesa investigar.

Este procedimiento marca perfectamente la silueta de un yacimiento de petróleo, por ser sustancia de mala conductividad.

El procedimiento se simplifica mucho cuando uno de los polos puede colocarse sobre una zona conductora, por ejemplo, un filón metálico, y se desconoce su corrida en una zona no explotada, en cuyo caso da notables indicaciones.

Método de las ondas hertzianas. — Recordemos que las ondas hertzianas son vibraciones electromagnéticas producidas por la descarga oscilante de un condensador y que se propagan en el espacio a la misma velocidad que la luz, o sea, a razón de 300.000 kilómetros por segundo, reflejándose y refractándose en condiciones análogas a las de aquéllas. Difieren de las corrientes eléctricas en que los cuerpos conductores para éstas no lo son para las ondas, y reciprocamente.

Al encontrar en estas ondas un circuito receptor formado por la antena, el condensador y la bobina de autoinducción, convenientemente sintonizado para que entre en resonancia con el circuito transmisor, pueden ser apreciadas en un teléfono después de rectificar la corriente por medio de un aparato de detección.

Si en la zona intermedia entre los aparatos transmisor y receptor hay buena conductividad eléctrica, no pasarán las ondas, sucediendo lo contrario cuando ésta sea mala; propiedad que se aprovecha para delimitar en el interior de las minas las zonas que poseen gran cantidad de agua con las que no se desea establecer comunicación.

Otra propiedad que se aprovecha en este método es la reflexión de las ondas en la superficie de contacto de un banco conductor con otro que no lo es. Colocando el transmisor y el receptor en puntos variados y convenientemente elegidos, llegarán a este último banco conductor, produciéndose la interferencia y con ella la disminución del sonido en el teléfono, excepto en el caso de la resonancia. Si se varía la longitud de

onda de la estación emisora manteniendo constante su amplitud, las ondas interferirán con distinta fase y se obtendrá otro sonido.

Midiendo con exactitud la amplitud de las ondas interferidas se podrá reconocer la diferencia de recorrido entre las ondas directas y las reflejadas. Esta medida, repetida por varios puntos, nos suministrará la posición de la materia conductora que produce la reflexión.

Método sísmico. — Este método se funda en la producción de un movimiento sísmico artificial por medio de explosivos y en el estudio de las condiciones en que se propaga por el terreno. Por medio de aparatos registradores portátiles de la misma amplificación, se determinan los tres componentes del movimiento sísmico, la velocidad de propagación y el ángulo con que emerge del terreno. Se repite la explosión en el mismo punto, procurando sea análoga a la primera, y se registra el movimiento producido en puntos que vayan distanciándose del foco. De simogramas obtenidos deducimos la velocidad del movimiento sísmico y se ve cómo va variando en los diferentes puntos. La velocidad de propagación está unida a la compacidad de la roca, y es tanto mayor cuanto mayor sea ésta. Las indicaciones obtenidas, unidas al estudio geológico de la zona, permitirán hacer deducciones sobre la situación de las masas de diversa naturaleza. Este método se emplea de preferencia para fijar la posición de la superficie de contacto entre dos sustancias de propiedades físicas muy distintas.

Expuestas estas ligerísimas ideas sobre los diversos métodos de investigación geofísica, cabe preguntar cuál es el que debe emplearse en cada caso.

Es muy difícil contestar en general, pues depende, en mucho, del criterio del Geólogo que va a hacer el estudio.

Indicaremos los casos más corrientes en que se han empleado cada uno de ellos, advirtiendo que siempre que sea posible:

es conveniente emplear varios cuyas indicaciones puedan completarse.

La balanza de torsión de *Eotvos* tiene su aplicación principal en la investigación de los yacimientos de petróleo y en la de los salinos, en terreno llano o muy poco accidentado, así como la determinación de anticlinales ocultos y fallas.

Los métodos magnéticos se emplean de preferencia para descubrir los depósitos de los minerales de hierro magnéticos y no magnéticos. En el segundo caso no debe haber en las proximidades cantidades apreciables de basaltos, gabros o serpentinas.

También determinan la posición de los anticlinales y sinclinales, pudiéndose comprobar así las deducciones hechas con la balanza de *Eotvos*.

Otra de sus más importantes aplicaciones es la delimitación de los yacimientos salinos y de petróleo ocultos bajo los estratos.

El método de las líneas equipotenciales de Schlumberger se emplea con mucho éxito para investigar las bolsadas de minerales o la continuación de los filones a pequeña distancia, a lo sumo de 10 a 12 metros, y para indicar las zonas que contienen filones, agua o petróleo.

Las ondas hertzianas son hasta ahora las menos usadas por las dificultades que presentan. Pueden emplearse para la investigación de filones, petróleo, agua y carbón de piedra.

El método sísmico, su aplicación principal es la determinación de la superficie de contacto entre rocas de muy diferente compacidad: un terreno suelto descansando sobre una roca compacta.

El estudio geológico previo es el que permitirá decidir si debe o no emplearse este método. En las formaciones petrolíferas se ha empleado con gran éxito.

VI

Decidida la investigación por procedimientos geofísicos, es indispensable tener un buen mapa topográfico en gran escala, perfectamente detallado en su planimetría y altimetría.

A base de este mapa, de la hoja correspondiente del «Mapa Geológico de España», de las memorias y otras publicaciones referentes a la región y del trabajo de campo efectuado, se procederá a formar el mapa estratigráfico, que pondrá de manifiesto la orientación y buzamiento de las capas, disposición de los anticlinales con la situación de sus cúpulas, los distintos niveles geológicos, composición petrográfica de los afloramientos, posición relativa de las capas bituminosas, fallas, nivel hidrostático, etc., etc.

En posesión del mapa, procede practicar la investigación geofísica en el terreno empleando el procedimiento más adecuado, teniendo muy en cuenta las razones en pro y en contra que han de decidir la elección, pues son varios los factores que en ello intervienen, tanto de orden técnico como económico.

Al trabajo de campo seguirá interpretar y representar gráficamente lo que esos procedimientos hayan acusado, y por ellos conocer si hay o no conformidad con lo que el Geólogo ha supuesto.

Eso es lo que ha de aclarar (hasta donde al hombre hoy le es permitido hacer con los medios con que cuenta) mucho de lo que interesa conocer para continuar o no la obra comenzada, y, por tanto, si se han de ejecutar sondeos y el lugar apropiado para su emplazamiento. Nos ha de guiar para saber si en profundidad existen depósitos de hidrocarburos y dónde se hallan.

Procediendo de ese modo, no decimos que se puede garantizar un acierto, pero sí que no es muy probable que se llegue a un gran fracaso económico y técnico, teniendo que abandonar perforaciones costosísimas que tenían ya 500, 1.000 y 1.500 metros, sin saber a punto cierto si existía o no lo que se buscaba por haber sufrido error en la apreciación del espesor del tramo geológico en que se operaba, situación de las capas con indicios, etc.

No podemos menos de avanzar una idea que puede ser rectificada, y es que en el caso de Lorca estimamos que la potencia media de los sedimentos que se representan como miocenos, incluyendo en ellos los que pudieran existir de eoceno y oligoceno, estará alrededor de 500 metros, y que esos sedimentos lo más probable es que en el centro se apoyen sobre rocas triásicas. Está fundada esa creencia en que los únicos asomos de rocas secundarias que se ven en muchos kilómetros son los importantes isleos de las sierras de Tercia y del Caño; sin que esto quiera decir que hacia el borde Sureste los rocas miocenas no se apoyen sobre las del estrato-cristalino.

El estar infrayacentes rocas triásicas es dato que se debe tener presente al tratar de averiguar el origen de los hidrocarburos. No hay que olvidar que Gavala, en sus *Regiones petrolíferas de Andalucía*, llega a la conclusión de que los hidrocarburos líquidos y gaseosos que en la provincia de Cádiz emergen con las aguas saladas y sulfurosas, proceden única y exclusivamente de las arcillas salíferas y de la sal del keuper. No existe sal, dice Mrazec (1), que no contenga esos gases, cuya formación está ligada a la presencia de materias orgánicas en disoluciones fuertemente alcalinas. Todos los yacimientos de sal de Rumanía contienen hidrocarburos; y están formados por

1) MRAZEC: *Excursión a la Salina de Slanic*.

una mezcla de metano, etano, hidrocarburos no saturados, ácido carbónico, oxígeno y nitrógeno, es decir, una composición muy análoga a la que han dado las destilaciones de rocas de la «Serrata de Lorca».

Se confirma una vez más la misión esencial del Geólogo en esta clase de trabajos. Misión suya es hacer el mapa estratigráfico; a él hay que acudir para que interprete y relacione lo que el Geofísico facilita, y si se llega hasta hacer el sondeo, ha de situar el emplazamiento, vigilar los testigos y decidir cuándo se ha de dar por terminado.

Se necesitan para eso Geólogos con gran práctica, y a su vez especializados en esta clase de estudios; personal especializado también en el manejo de los instrumentos, porque algunas de las operaciones son muy delicadas y requieren larga, difícil y previa preparación científica.

No hay que decir que la petrografía, paleontología, la química y el microscopio son indispensables si se quiere marchar como la técnica y la prudencia aconsejan, y nada de eso se puede improvisar.

Es indispensable, por lo que a la conveniencia, buen nombre del Estado y de sus Ingenieros se refiere, que exista un Laboratorio donde se concentren esa clase de estudios y trabajos, con personal, material y créditos suficientes para hacerlos; en la inteligencia de que cuanto en ello se gaste, que nunca será mucho en relación con los bienes materiales que reportan, redundaría en beneficio del país. Y ese Centro técnico, claro es que ha de ser el Instituto Geológico de España, pudiendo acudir a él para adquirir enseñanza y trabajar, los Ingenieros que quieran especializarse en esos estudios.

NOTA SOBRE
LA
DETERMINACIÓN DEL FOCO
DEL
MEGASISMO JAPONÉS

DE 1 DE SEPTIEMBRE DE 1923

POR

VICENTE INGLADA ORS

*Teniente Coronel de Estado Mayor e Ingeniero Geógrafo,
Profesor de la Escuela Superior de Guerra.*

NOTA SOBRE LA DETERMINACIÓN DEL FOCO

DEL

MEGASISMO JAPONÉS

DE 1 DE SEPTIEMBRE DE 1923

El terremoto ocurrido el 1 de septiembre de 1923 en la región Sureste del Japón, es la catástrofe sísmica más funesta que registra la Historia, pues según la estadística de A. Imamura (1), el número de muertos fué de 99.331, el de heridos, 103.733, y 43.476 el de desaparecidos. La extraordinaria intensidad de este sismo puede juzgarse por los efectos causados en el fondo de la bahía de Sagami, que presenta la figura 1.^a, según resulta de los numerosísimos sondeos hechos por el Servicio Hidrográfico de la Marina Japonesa (2), pocos días después de la catástrofe.

Desde el centro de dicha bahía hasta su límite meridional se observa, en dirección aproximada Noroeste-Sureste, una zona continua de hundimientos, que en algunos puntos llegan a 200 metros, zona cuyo largo es de unos 50 kilómetros y su ancho de 25 a 30. Excepción hecha de su parte oriental, donde faltan los datos del sondeo, se advierte que dicha faja hundida está limitada en casi todo su contorno por otras áreas más pequeñas de elevaciones, entre las cuales la septentrional resalta por su importancia.

Entre la costa y la isla de Oshima, ocupando su parte media, hay otra zona de hundimiento, más reducida que la primera, donde la sonda ha acusado descensos máximos de 120 metros.

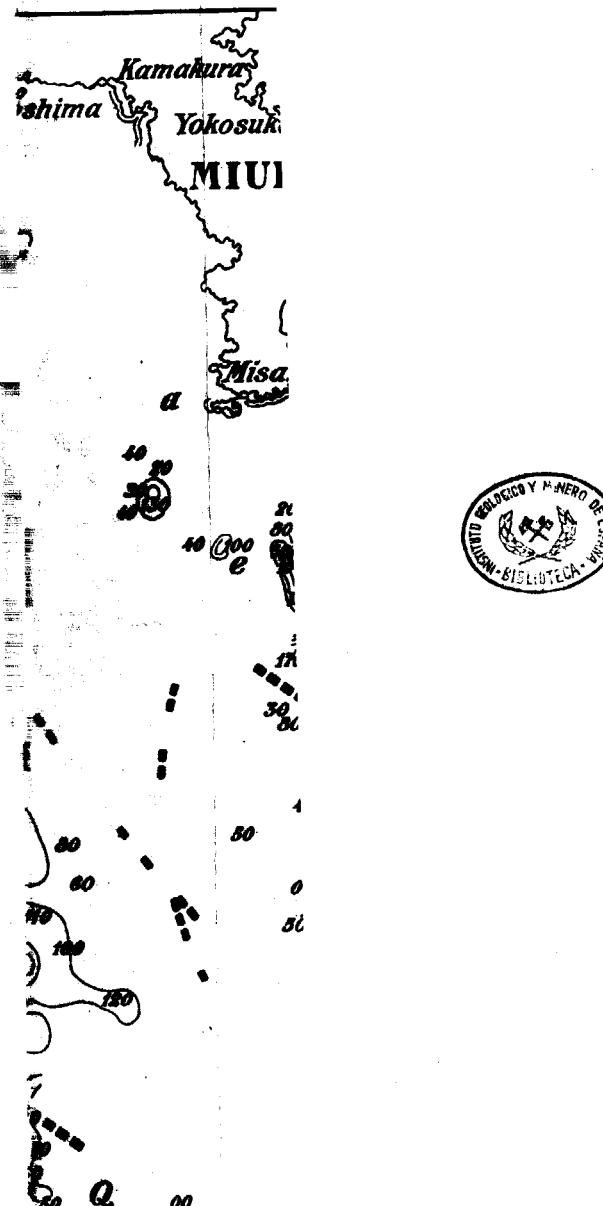
A más de estas áreas principales existen otras más pequeñas y de forma irregular, en que alternan las elevaciones y hundimientos, y éstos alcanzan su máximo valor de 400 metros en una banda pequeñísima, situada 15 kilómetros al Sur de la punta meridional de la península de Miura y encajada entre otras dos, de forma muy irregular, que la limitan lateralmente y en donde los puntos levantados a 230 metros están muy próximos a los máximos hundimientos de 400 metros; de modo que resulta un escalón que corre de Este a Oeste unos cinco kilómetros, con un desnivel que excede de medio kilómetro.

En esta rapidísima descripción de los cambios permanentes del relieve del fondo de la bahía de Sagami nos referimos, como es natural, a los rasgos principales, pues en la parte Norte, especialmente, se advierten áreas secundarias de elevaciones y hundimientos que dan aspecto complicado al mapa submarino de la figura 1.º.

Una circunstancia sorprendente del megasismo japonés es que esas variaciones del relieve, de algunos hectómetros, se observan sólo en la bahía de Sagami, pues en tierra firme se encuentran elevaciones o hundimientos del suelo de un par de metros, como puede verse en el trabajo, a base de nivelingaciones de precisión, efectuado por el *Landsurvey Department* de la Marina japonesa (3), en donde uno de los itinerarios rodea totalmente dicha bahía.

Es cierto que en algunos puntos de la costa se registraron elevaciones mayores, pero duraron poco. Por ejemplo, Suda (4) cita como caso extremo el de Misaki, en la extremidad meridional de la península de Miura, donde a raíz del sismo se observó un levantamiento del suelo de 7,6 metros, que duró sólo

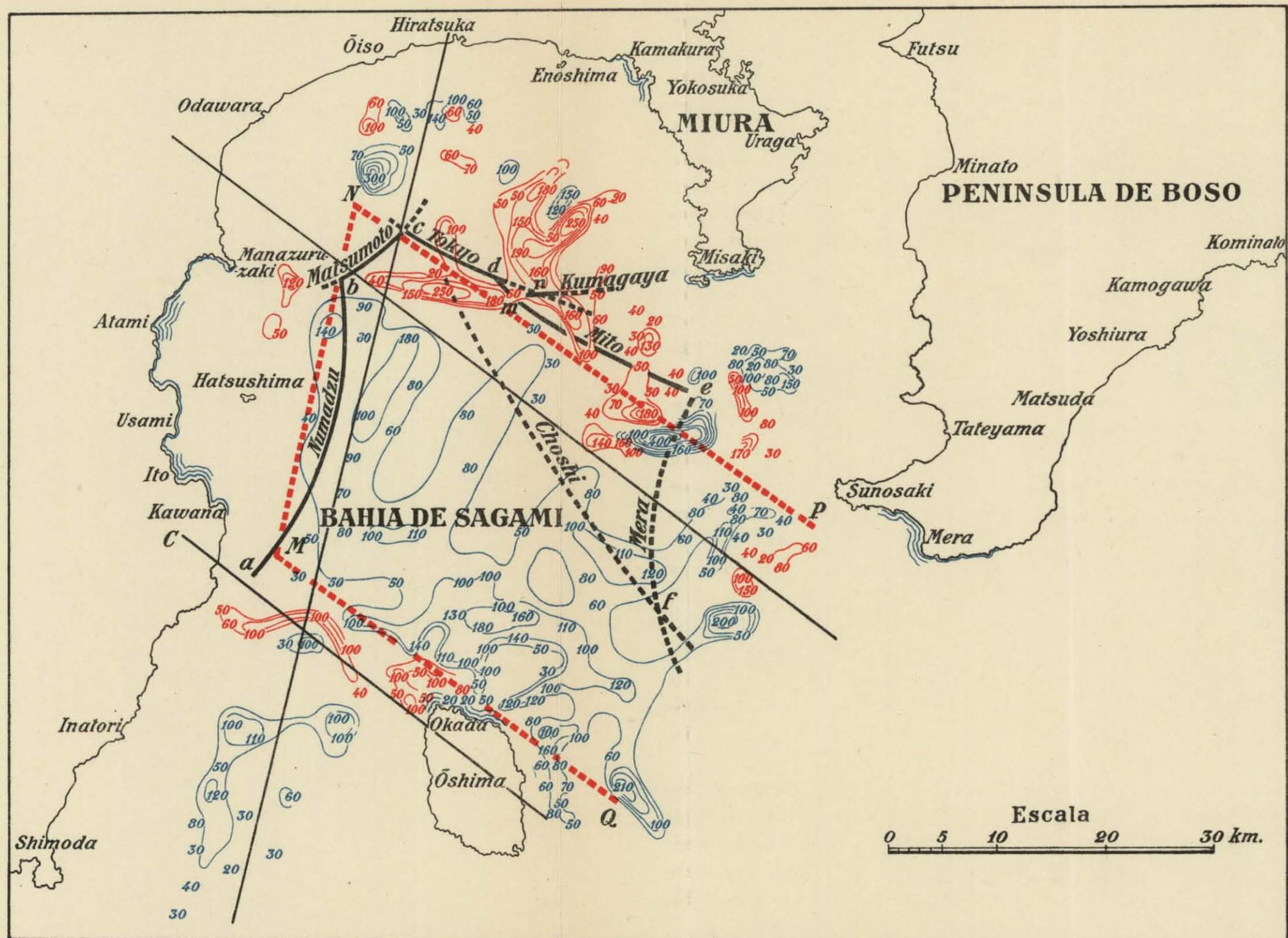
FIG. 1



ahía de Sagami producida
ón del fondo de la bahía.
■ Contorno del supuesto
as áreas elevadas y hundi



FIG. 1



El supuesto bloque focal y las variaciones del fondo de la bahía de Sagami producidas por el megasismo japonés de 1 de septiembre de 1923.

Las curvas azules o rojas indican las líneas de igual hundimiento o elevación del fondo de la bahía. La unidad es el metro. Lugar en que se observó el tsunami: cada línea indica una altura de tres metros de la ola sísmica. Contorno del supuesto bloque focal. Á B, CD, EF: líneas trazadas por Suda para indicar la separación entre las áreas elevadas y hundidas por el sismo.

tres días, pues a partir del cuarto el terreno volvió a hundirse, primero a razón de 60 centímetros por día, después en menor cantidad, y en 26 de septiembre la elevación quedaba reducida únicamente a 1,40 metros.

De todos modos, y aun teniendo en cuenta estas variaciones no permanentes del nivel del suelo, siempre resulta que los cambios registrados en el fondo de la bahía fueron de un orden veinte a treinta veces mayor.

Estos cambios del relieve de algunos hectómetros no se habían observado hasta ahora en ningún sismo, pues como ejemplos excepcionales se citaban los terremotos destructores de Islandia (1875), en que hubo un hundimiento del suelo de más de veinte metros; el de Alaska (1899), donde se acusaron variaciones de más de quince metros, aunque en ambos casos se ignora si se trataba del salto de una falla o de escalones sucesivos; el del sismo del Assam (India, 1897), el más violento de los registrados en el siglo XIX, donde en la falla de *Chedrang* se acusó un desplazamiento vertical de doce metros; el terrible sismo de Mino-Owari (Japón, 1891), en que se comprobó un salto de más de seis metros, y, por último, los terremotos de la India (1818), el del valle de Owens (1872) y el de Sonora (1887), en que se comprobaron movimientos verticales de siete metros.

Con relación a los datos fidedignos de los sismos más violentos, los efectos causados por el terremoto del Japón de 1 de septiembre de 1923 son de extraordinaria magnitud, y esto le da tal importancia e interés, desde el punto de vista geológico, que nos ha movido a escribir la presente nota, que no tiene más objeto que ensayar la delimitación del foco del terremoto principal de 1 de septiembre de 1923, tomando por base los resultados del sondeo de la bahía de Sagami, efectuados después del sismo (fig. 1.^a), y los del cálculo de las coordenadas focales, por medio de las horas del principio de las

ondas P registradas en las estaciones próximas, según hemos expuesto en otro trabajo (5), presentado en 22 de abril último a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid.

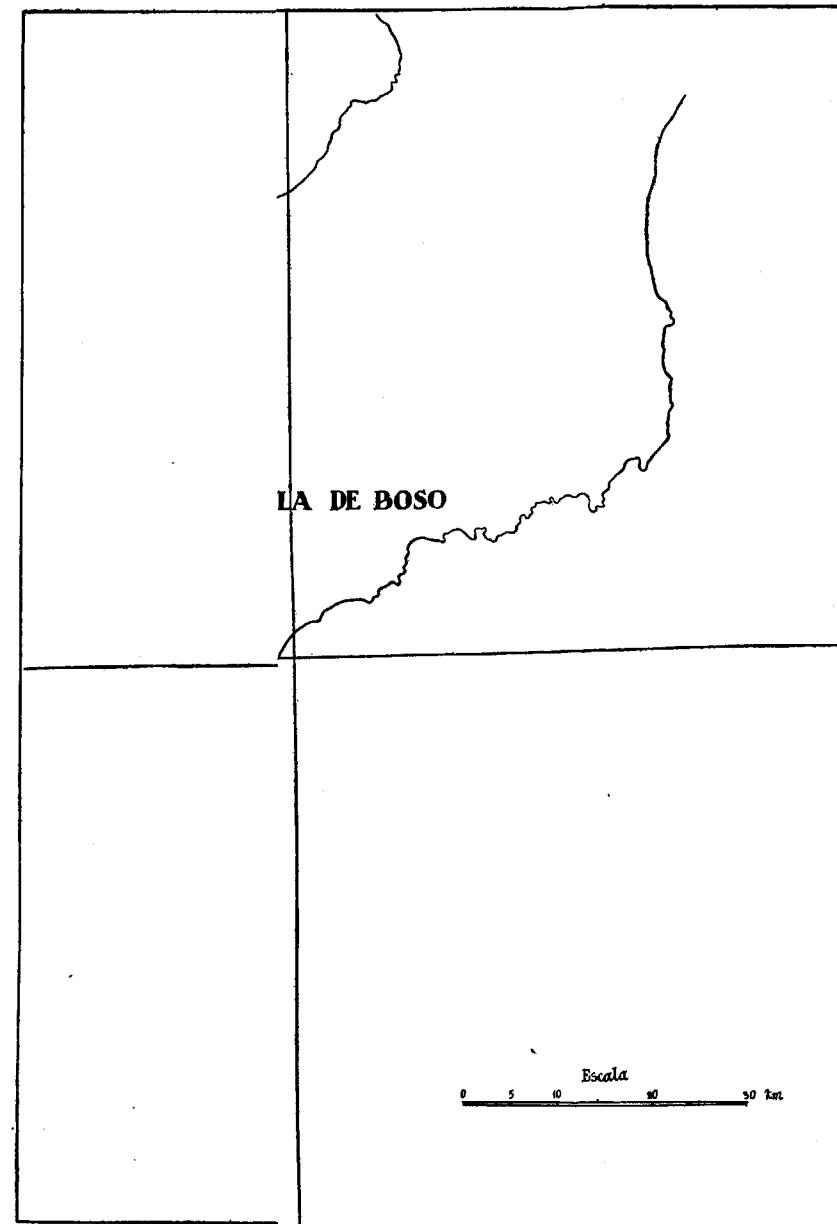
Las determinaciones del epicentro del megasismo japonés y la explicación de su génesis discrepan bastante de unos a otros investigadores.

En la figura 2.^a se da la situación de los epicentros obtenidos por Imamura (1), Matsuyama (6), Suda (4), Shiratori (7), Gutenberg (8), y los siete calculados por nosotros en el trabajo ya citado (5), empleando diversos procedimientos, todos en el supuesto de ser el foco sísmico punctiforme y de que las ondas P se propagan con una velocidad de 5,7 kilómetros por segundo, hipótesis justificada en una Memoria (9) premiada por dicha Real Academia de Ciencias.

Los epicentros obtenidos por Imamura, Suda y Shiratori se basan en el conocimiento único de la distancia epicentral y la dirección del movimiento sísmico registrada, respectivamente, en las estaciones de Tokio, Kobe y Sendai, y según el Observatorio cuyos datos se utilicen, resulta posición distinta de tan importante punto. Esto es debido, en primer lugar, a que en la dirección del movimiento sísmico resultan incertidumbres de algunos grados (Tokio halla valores comprendidos entre Norte 22° Este y Norte 29° Este, y hay estaciones (1) que para el sismo que estudiamos dan discrepancias de más de 20 grados), y, en segundo lugar, a que la determinación de la distancia epicentral se obtiene en función de la duración de la fase preliminar del sismograma, por medio de la fórmula de Omori (10)*, que sólo da un valor aproximado.

Además del epicentro instrumental (fig. 2.^a punto S.), Suda

* Esta fórmula es: $x = 7,42 \cdot y$, en que x expresa la distancia en kilómetros e y la duración de los preliminares en segundos.



Epicentros del megasismo sísmico submarino.

I. Epicentro Imamura. M:medio de éstos últimos.- ab, bc, cd, mn, de, ef, gh, arcos trazados para limitar el contorno Nera y Choshi. AB y CD: Áreas epicentrales de Suda.

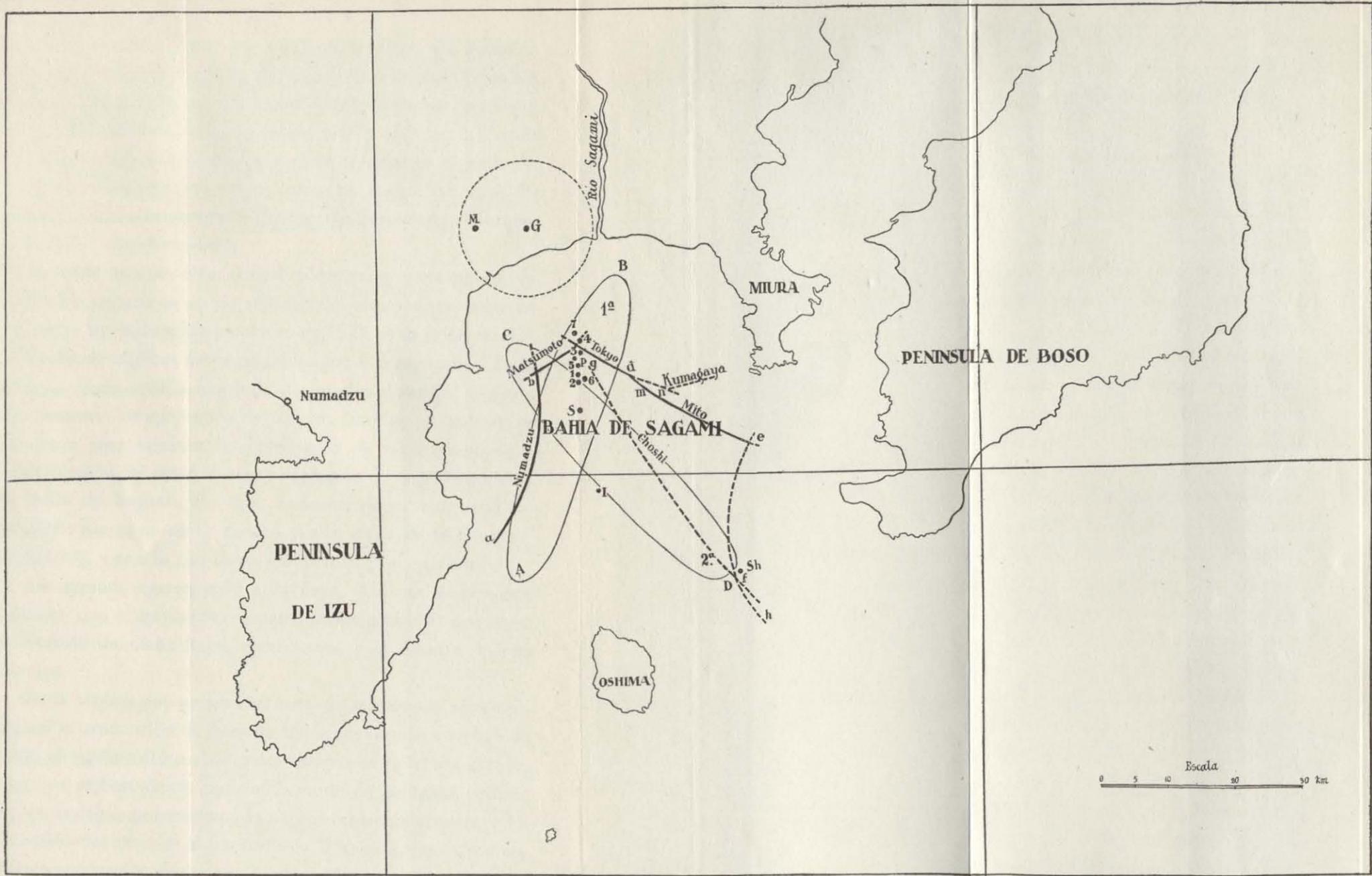


Fig. 2.^a

Epicentros del megasismo japonés obtenidos por varios investigadores y contorno aproximado del supuesto bloque sismico submarino.

I. Epicentro Imamura M. Id de Matsuyama. S. Id de Suda - Sh. Id de Shiratori. G. Id de Gutenberg. 1,2,3,4,5,6,7. Id de Inglada. P. Premedio de estos últimos. - ab, bc, cd, mn, de, ef, gh, arcos trazados para limitar el contorno del bloque sismico y suyo centro son, respectivamente, los Observatorios de Numadzu, Matsuzaki, Tokyo, Kitaibaraki, Mito, Mera y Choshi. AB y CD Areas epicentrales de Suda.

cree en la existencia de otro físico, que ocupa una posición media con relación a los instrumentos determinados por los distintos Observatorios. Como epicentros físicos no punctiformes, Suda halla dos zonas elípticas (*AB* y *CD*, fig. 2.^a) a las que llama *áreas epicentrales*, que están situadas en el fondo de la bahía de Sagami, cuyos ejes forman un ángulo de unos 60 grados y corren en dirección Nornoreste-Susuoreste y Noroeste-Sureste respectivamente.

A cada una de estas áreas epicentrales corresponde un grupo de epicentros de las réplicas del sismo observadas en los meses de septiembre y octubre de 1923. A la primera, *AB*, la familia de réplicas de Sagami Sakawa; a la segunda, *CD*, la de Boso. Esta extraña hipótesis de los dos dominios sísmicos que recorren los epicentros de las dos familias de réplicas, se establece para explicar la distribución de las elevaciones y hundimientos del suelo que se observaron en tierra firme y en la bahía de Sagami. En ésta, Suda considera una zona de hundimiento en su parte central y a lo largo de la linea *EF* (figura 1.^a), y es a la que llama «primera región epicentral.»

La segunda corresponde a la línea *AB*, que separa dos zonas en que el movimiento sísmico produjo efectos opuestos: al Noreste de dicha línea, elevaciones, y al Sureste, hundimientos.

Suda explica por un hundimiento de la primera zona epicentral la producción de la onda de condensación con que se inició el movimiento en todas las estaciones próximas al foco, y por un resbalamiento hacia el Suroeste de las capas corticales en la segunda zona la onda de condensación observada en las estaciones situadas al Suroeste de la línea Kofu-Matsumoto y la de rarefacción de las enclavadas al Noreste.

La profundidad hipocentral es distinta en las zonas epicentrales, pues Suda (4) admite que la de la primera es 50 kilómetros y 40 la de la segunda.

Como causa ocasional que pudiera desencadenar el megasismo japonés, cita el efecto producido por el paso de un tifón en la parte Norte de la zona macrosísmica en el momento de producirse el sismo.

Como causas principales de los sismos, Suda supone probable y posible físicamente la acumulación de tensiones elásticas en dos zonas contiguas de la corteza terrestre que sufren corrimientos graduales en opuesto sentido, o una tan sólo lo efectúa contra la otra, que ha llegado a un estado de reposo.

Analizando la constitución geológica de la provincia de Kwanto, observa que en su parte occidental la región montañosa está formada por rocas paleozoicas y masas de andesita, y dada su edad remota, Suda supone que han llegado al estado de quietud, mientras que la llanura de Kwanto, constituida por formaciones cuaternarias, ha sufrido y sigue aún sometida a un corrimiento gradual de Noroeste a Sureste, como si el subsuelo siguiera una rotación en el sentido de las agujas de un reloj alrededor del mar de Sagami. La bahía, que limita ambas zonas, sufre el efecto de ese movimiento, cuya energía acumúllase en forma de tensiones elásticas. Así se forma el dominio sísmico, y cuando éstas rebasan el límite de resistencia de las capas corticales, prodúcese el terremoto.

Imamura (1) cree que la conmoción sísmica se originó en la parte central de la bahía de Sagami y a una cierta profundidad, fundado en las enormes elevaciones y hundimientos que la sonda ha registrado. A su juicio, es posible se haya producido una falla a lo largo de la linea que separa las zonas levantadas y hundidas o transversalmente a ella, falla en que estará alojado el foco sísmico.

Comparando el área macrosísmica de este terremoto y la del ocurrido el 31 de diciembre de 1703, advierte que pertenecen a una misma banda de la importante zona sísmica que corre por la costa pacífica del Japón.

Como esta isla se halló sometida en cierta época geológica a una violenta tensión, que provenía del Sureste y a lo largo de la línea en que asienta actualmente la cadena volcánica de Hizu, Imamura cree posible que la zona sísmica que estudiamos y que cruza dicha línea podría estar sometida a un esfuerzo que actuara en dirección Norte y causara el terremoto.

Como causa secundaria y ocasional del sismo apunta, entre otras, la de haber cruzado la región Noreste del Japón, de Hokurokudo hacia Kinkusan, una depresión barométrica, que originó otra secundaria en la parte septentrional del área sísmica.

Matsuyama traza las rectas correspondientes a la dirección del movimiento sísmico registrada en las estaciones japonesas, rectas que se cortan en un punto inmediato a Kozu, que él toma por epicentro. En dicha población resultó destruido un puente de cemento y en sus proximidades se iniciaría el primer choque sísmico.

Como en los sismogramas registrados en las estaciones más próximas al foco el movimiento no se inicia por un impulso brusco y continuo, sino que la curva muestra en los primeros segundos varios ganchos sucesivos, el profesor Matsuyama opina que el terremoto se originó en la extremidad Noroeste del área macrosísmica, y por impulsos sucesivos se propagó por la corteza en dirección Sureste, hasta que el esfuerzo llegó a la máxima intensidad y produjo la catástrofe.

Estudiando los sismogramas y analizando las observaciones macrosísmicas, Matsuyama deduce que durante el gran terremoto japonés se produjeron oscilaciones de gran período, y como la profundidad focal por él calculada es de 30 kilómetros, precisamente la de resistencia máxima de las rocas, según los experimentos de Barrel, supone que el megasismo japonés no fué debido a rotura de los estratos corticales, sino a una deformación plástica, hipótesis que está de acuerdo con la su-

gestión del desencadenamiento del sismo por impulsos o choques sucesivos, que ofrece el aspecto inicial del sismograma, según ya hemos indicado. Esta deformación plástica y no la ruptura de los estratos se explica por las condiciones a que están las rocas, a la profundidad de 30 kilómetros, en que se supone el foco sísmico. Las oscilaciones de gran período que muestran las gráficas registradas en Tokio y Sendai, podrían explicarse como movimientos en masa de la capa superficial de la corteza por encima de una plástica fácilmente deformable.

La historia sísmica del Japón registra otros sismos destructores (y entre ellos los de 1. de marzo de 1633, 31 de diciembre de 1703 y 23 de agosto de 1782) que se originaron en esta misma región y a lo largo de la línea en que se han manifestado los máximos efectos destructores del megasismo de 1 de septiembre de 1923.

El carácter de éste se observó en el de 1703, con levantamiento también del suelo en la punta Sur de la península de Boso y en la costa pacífica del Japón, pero el foco sísmico no coincidía con el actual, sino que asentaba más al Sureste y al Sur de la península de Miura.

El Profesor Matsuyama (6) describe ligeramente la constitución geológica de la zona sísmica para explicar la causa de la catástrofe de 1 de septiembre. Recientes rocas eruptivas forman la península de Izu y la isla de Oshima, que limitan por el Oeste y el Sur, respectivamente, el área macrosísmica. En el borde de la llanura de Kwanto asoman terrenos terciarios y rocas volcánicas más antiguas, que muestran una dislocación intensa. Una meseta diluvial constituye la parte principal de dicha llanura y un depósito aluvial corre a lo largo de la costa. Si se marcha hacia el Sur, en las penínsulas de Boso y Miura, se advierte un aumento gradual de la altitud media y se encuentra un terreno sedimentario muy reciente, que corre de

Este a Oeste o de Noroeste a Sureste. Después asoman formaciones terciarias más antiguas, cuya inclinación va creciendo, hasta tal punto, que en las extremidades Sur de ambas penínsulas los estratos están casi verticales. Estas consideraciones sugieren la idea de que esta parte Sur fué levantada gradualmente en el transcurso de los períodos geológicos.

La zona de que tratamos está cruzada por numerosas fallas, y en la costa de dichas penínsulas hay terrazas rocosas de una altura de dos a tres metros. Como terrazas iguales a éstas se han observado en el megasismo japonés de 1 de septiembre de 1923, en la punta meridional de la península de Boso y en ciertos lugares, como Oiso y Misaki, de costa no profunda, dedúcese que dichas terrazas pueden considerarse como los restos de antiguas catástrofes sísmicas semejantes a la que estamos estudiando.

Si se estudia la distribución de la gravedad en el Japón, se advierte que las máximas anomalías asientan en la costa pacífica y en el mar del Japón. Las isanómalias de grandes valores positivos corren desde el centro del Japón hacia el Noreste, a lo largo de la costa pacífica, forman salientes al Sureste del distrito de Kwanto y rodean el mínimo de gravedad que hay en la zona de la bahía de Tokio. Si los valores de las anomalías gravíficas se corrigen de la perturbación costera, subsisten aún defectos de 0,020 dinas en la zona conmovida por el sismo, mientras que al Noroeste del distrito de Kwanto reinan fuertes anomalías positivas.

De todo lo expuesto deduce el Profesor Matsuyama que un esfuerzo, que proviene del Noroeste y actúa sobre la zona más débil, tendiendo a compensar ese desequilibrio de masas entre ambas zonas contiguas, puede ser considerado como la principal causa de estas catástrofes sísmicas, que seguirán originándose mientras subsista ese defecto de masas que el sismo trata de hacer desaparecer, y, por último, que la deformación

puede producirse lo mismo por levantamientos que por corrimientos horizontales.

El trabajo del Profesor Matsuyama, que tratamos de resumir en sus rasgos esenciales, es de carácter eminentemente geológico, y explica con suma sencillez y claridad la causa y proceso del megasismo japonés. Esta exposición tan interesante, hecha durante la segunda Asamblea general de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional (Madrid, octubre de 1924), mereció la calurosa felicitación de la Sección de Sismología.

Tanto Shiratori (7) como Gutenberg (8) determinan el epicentro basándose en los datos del registro instrumental, sin añadir consideraciones de orden geológico relativas a la causa y proceso del fenómeno sísmico.

Gutenberg determina la posición del epicentro agrupando de dos en dos las estaciones sismológicas cuyas horas de \bar{P} difieren en pocos segundos, y obtiene para cada pareja una línea recta que contiene tan importante punto. El sistema de rectas así trazadas da aproximadamente una pequeña zona cerrada, y Gutenberg toma como coordenadas geográficas del epicentro:

Latitud: $35^{\circ} 20'$ Norte. Longitud: $139^{\circ} 15'$ Este, Greenwich,

y añade: «El epicentro yace en la bahía de Sagami, junto a su orilla septentrional y a la desembocadura del río del mismo nombre.» La incertidumbre con que Gutenberg cree determinado el epicentro es de unos 10 kilómetros; de modo que si haciendo centro en dicho punto se traza una circunferencia cuyo radio sea la citada longitud (véase fig. 2.^a), se advierte que deja en su interior el epicentro de Matsuyama y una pequeña zona de dicha bahía junto a la desembocadura del río del mismo nombre.

Dados los errores de observación en el registro de los sismogramas, que sólo dan los principios de las fases en segun-

dos redondos, una incertidumbre, no de 10 kilómetros, sino algo mayor, puede resultar en los procedimientos empleados por Matsuyama y Gutenberg; de modo que, aunque sus epicentros no coincidan, están tan próximos uno de otro, que pueden considerarse como una misma solución del problema, que será un foco situado cerca de la desembocadura del río Sagami y que, por poca extensión superficial que alcance, tendrá ya una parte submarina.

Los demás investigadores sitúan el epicentro en el fondo de la bahía de Sagami. Los siete epicentros que nosotros hemos calculado (5) discrepan muy poco unos de otros, dada la precisión de las horas de \bar{P} , en segundos redondos, y la velocidad de dichas ondas, de 5,7 kilómetros por segundo. El epicentro P (fig. 2.^a), cuyas coordenadas son el promedio de las de los siete calculados por nuestro procedimiento, tiene un error probable de 0,1 kilómetro para la abscisa y de 0,9 para la ordenada; de modo que la incertidumbre en la posición del epicentro viene a ser de un kilómetro, resultado que puede considerarse como exacto, pues en el cálculo de las coordenadas de dicho punto, las rectangulares de las estaciones sismológicas referidas al paralelo de 35° Norte, como eje de las x , y al meridiano de 139° Este, Gr., como el de las y , se expresan en kilómetros redondos.

Para la profundidad hipocentral obtenemos (5), por diversos procedimientos, los valores: 33,2, 35,2, 35,9, 36,7 y 34,2 kilómetros. El promedio de todos ellos es de 35 kilómetros, con un error probable de 0,8. Los resultados del cálculo de la profundidad focal no pueden ser más concordantes.

Gutenberg (8) deduce que la profundidad hipocentral ha de estar comprendida entre 25 y 45 kilómetros, pues ambos valores resultan de considerar los datos del registro instrumental correspondientes a las estaciones más próximas al foco o a las de mayor distancia epicentral. Imamura (1) calcula

la profundidad hipocentral en 15 kilómetros, y Shiratori en 44 (7).

El epicentro promedio que nosotros hemos obtenido discrepa muy poco, unos seis kilómetros, del instrumental hallado por Suda (4), de modo que ambos pueden considerarse como una misma solución del foco submarino. El de Imamura (1) se separa algo más y está enclavado en el centro de la bahía, y, por último, el de Shiratori (7) es el que más discrepa, unos 65 kilómetros, de la situación del epicentro de Matsuyama y Gutenberg.

Hemos de advertir que el epicentro obtenido por Shiratori resulta sólo de tener en cuenta la distancia epicentral y la dirección del movimiento sísmico registrada en la estación de Sendai, lo que puede dar un error de consideración, ya que en la determinación del azimut se encuentran discrepancias de 5 a 10 grados con suma frecuencia, y por lo que toca a la distancia epicentral de Sendai, sólo diremos que Shiratori la calcula en 385,5 kilómetros y Gutenberg en 350. Hemos de añadir, en honor a la verdad, que Shiratori declara textualmente, al determinar el epicentro (7, pág. 178): «El epicentro queda, por tanto, localizado en la bahía de Sagami, a la altura de la isla Jogashima, en la extremidad de la península de Miura. El centro sísmico, sin embargo, no ha de ser un punto geométrico, pues tendrá cierta extensión. Dedúcese de esto que el punto acabado de determinar pertenece a la parte del centro sísmico, desde donde se propagó a Sendai la onda, al iniciarse ésta.»

Examinando atentamente las condiciones del megasismo japonés y la magnitud de los efectos destructores que se acusan en el área epicentral por las extraordinarias dislocaciones del fondo de la bahía de Sagami, no puede escaparse a la conclusión de que se trata de un terremoto tectónico de gran área de conmoción. Los antecedentes geológicos y la historia sísmica de esta importante zona japonesa lo acusan también,

según resulta de las consideraciones expuestas al resumir los trabajos de los investigadores que han estudiado tan importante sismo.

El trazado de los isosistas, efectuado por Imamura (1) y Suda (4), muestra un sistema de curvas abiertas que tienden por su forma a envolver una zona que ocupa la mayor parte de la bahía de Sagami. El examen atento de los cambios observados en el fondo de dicha bahía muestra claramente que el foco de este importante sismo era submarino.

El marcadísimo contraste entre las elevaciones y hundimientos del suelo producidos en tierra firme y en el fondo de la bahía hacen creer que el foco sísmico, cuyo brusco movimiento originó la catástrofe, está en el fondo de la bahía y separado de la parte continental por un sistema de fracturas. No pueden explicarse de otro modo los efectos destructores, pues si el foco sísmico fuera un bloque que penetrara en la isla, se hubieran observado en ésta elevaciones del orden de 100 metros, como los ha acusado la sonda en la orilla Noroeste de la bahía y sólo a tres o cuatro kilómetros de la costa (fig. 1.º).

La ingeniosa hipótesis del Profesor Matsuyama, de que el fenómeno se originó en la zona de máxima resistencia de las rocas, a los 30 kilómetros de profundidad, y fué tan sólo debido a la deformación de la capa plástica subyacente, está, a nuestro entender, en contradicción con los hechos observados. ¿Cómo puede explicarse, sin la producción de fracturas en la litosfera, el hecho innegable de que las zonas de elevación y hundimiento de más de 100 metros queden localizadas en la bahía, y resulten precisamente limitadas en todos sentidos por la línea de la costa que rodea la bahía en forma circular y la de la isla de Oshima, y que ya en tierra firme no se acusen más cambios del relieve que elevaciones o hundimientos del suelo del orden de un par de metros, insignificantes, por tanto, con relación a los submarinos?

En el mapa (fig. 1.^a) que muestra los cambios producidos por el sismo en el fondo de la bahía de Segami, se advierte una zona principal hundida que corre en dirección Noroeste-Sureste y pasa casi tocando la costa septentrional de la isla de Oshima y a poca distancia de la extremidad meridional de la península de Boso.

Esta área central hundida, en que asientan las dos zonas epicentrales de Suda, excepto sus extremidades, situadas al Noroeste de la bahía, y que contiene el epicentro determinado por este investigador, así como los de Imamura y Shiratori, está limitada al Noreste y Suroeste por otras dos bandas mucho más reducidas, que corren en la misma dirección, y donde se observaron elevaciones del mismo orden o algo mayores.

Esa zona continua de hundimiento sugiere la idea de un movimiento brusco que, prendiendo en la parte central de la bahía de Sagami, originara el sismo, y que dada la extraordinaria violencia de éste produciría el desgaje y hundimiento de ese bloque, así como el levantamiento de las partes contiguas. Acaso en este último influyeran también la compresión que ejercería dicho bloque al hundirse, o los esfuerzos sucesivos que fué efectuando para buscar el asiento definitivo, ya que no llegó rápidamente a la nueva posición de equilibrio, pues al sismo principal siguieron numerosísimas réplicas (la estación de Sendai, no de las más próximas al foco, llevaba registradas a fines de diciembre nada menos que 652), algunas de las cuales fueron sumamente violentas y acaso acentuaran las elevaciones y hundimientos producidos en un principio.

Tal explicación de la génesis del sismo supone la producción de un campo de fallas. Imamura (1) admite la existencia de una que acaso por el Norte sirviera de límite a la zona de elevaciones y hundimientos. Por el Sur, el mapa submarino (véase fig. 1.^a) muestra la existencia de otra que junto a la isla de Oshima pasa casi rasando a la costa septentrional y oriental,

pues a distancia inferior a dos kilómetros se acusan hundimientos de más de 100 metros, mientras que en la isla misma los cambios de nivel no excedieron de dos metros.

En cuanto a las fallas que pudieron limitar el campo de hundimientos por su parte oriental, la falta de sondeos en esta región las deja indeterminadas. La zona hundida que muestra la figura 1.^a se prolonga en dirección Noroeste-Sureste entre la isla de Oshima y la punta de la península de Boso, sin que podamos averiguar hasta dónde llegue dicha continuación.

Si admitimos el desgaje y hundimiento de este bloque de la bahía de Sagami, se puede comprender el hecho observado de que a lo largo de la costa las elevaciones y hundimientos del suelo sean insignificantes. En el contorno del bloque hundido, las elevaciones producidas por el sismo serían máximas, a lo que coadyuvaría la compresión causada por el acuñamiento del descenso. Si admitimos la sugestiva explicación del Profesor Matsuyama, de que el sismo prendió en la zona de resistencia máxima de las rocas (la profundidad hipocentral que nosotros hemos calculado difiere poco de los 30 kilómetros) y fué debido a una deformación plástica de la capa subyacente, se comprende perfectamente que al ceder dicho estrato produjera el desgaje y hundimiento del bloque focal, ya que las condiciones de rigidez de las capas superficiales de la corteza no permiten la deformación plástica, por lo cual han de fracturarse, y al hundirse el segmento desgajado produciría la compresión de la capa plástica y la expulsión lateral de la materia, lo que contribuiría a la elevación de los estratos en el perímetro del bloque.

Hay un hecho de observación que aboga por esta explicación del megasismo japonés de 1 de septiembre de 1923, y es la distribución de los *tsunamis* u olas sísmicas. En la figura 1.^a se indican por medio de líneas onduladas y paralelas a la costa, una por cada tres metros de elevación de la ola. Los

puntos más castigados por este fenómeno fueron: la orilla occidental de la bahía de Sagami, entre Kawana y Manazuruzaki; la costa septentrional de la isla de Oshima y la extremidad de la península de Boso, en las inmediaciones de Mera. Las zonas donde las olas sísmicas alcanzaron la mayor elevación son precisamente las inmediatas y vueltas al supuesto bloque hundido. Este es el caso para la costa entre Kawana y Manazuruzaki, que está frente al borde occidental de dicho bloque. En la extremidad de la península de Boso, la parte de la costa en donde alcanzó mayor elevación el *tsunami* es la inmediata a Mera, que es la más próxima y da frente al borde occidental del bloque. Por último, en la costa septentrional de la isla de Oshima hemos visto que la zona de hundimientos pasa casi rasándola.

Otra circunstancia muy digna de tenerse en cuenta es que en todos los puntos se inició el *tsunami* por una regresión de las aguas del mar, que se explica perfectamente en nuestra hipótesis, pues si el sismo produjo el desgaje y hundimiento del bloque submarino, las aguas del mar se precipitarían en el primer momento desde todas partes hacia la cavidad formada, lo que originaría en la parte de la costa que sigue el contorno del bloque hundido la regresión observada del elemento líquido.

Nuestra hipótesis de la génesis del sismo de 1 de septiembre de 1923 deja sin explicar la formación de otras áreas secundarias de elevaciones y hundimientos en el fondo de la bahía de Sagami, que dan aspecto tan complicado al mapa submarino de la figura 1.^a; pero hay que tener en cuenta que el fenómeno sísmico no quedó reducido al esfuerzo del terremoto principal de 1 de septiembre, sino que fué seguido de numerosísimas réplicas, algunas de ellas de extraordinaria violencia, y se comprende perfectamente que sometida la región epicentral a nuevos y bruscos movimientos en busca de una posición

de equilibrio más estable que le permitiera asentarse definitivamente, cada una de esas violentas sacudidas podría producir en orden más modesto nuevas fracturas, con sus correspondientes hundimientos y elevaciones, e ir cambiando progresivamente el relieve del fondo de la bahía de Sagami, hasta llegar a la forma final que el sondeo nos ha revelado. El mapa de la figura 1.^a es, pues, el efecto total de acumulación de las distintas sacudidas, sin que podamos separar lo que corresponde al sismo principal y a cada una de sus réplicas.

Si las consideraciones expuestas tienen un fondo de verdad, el bloque focal estaría constituido por esa zona continua de hundimientos del fondo de la bahía de Sagami, que corre en dirección Noroeste a Sureste en una longitud de unos 50 kilómetros y en un ancho de 20 a 25. No hay más que imaginarse considerablemente ensanchada la segunda zona epicentral *CD* (fig. 2.^a) de Suda, para tener idea aproximada del accidente sismogénico.

Pero si esto es verdad, ¿cómo cabe explicar que el procedimiento de cálculo de las coordenadas del foco sísmico que hemos explicado en nuestro trabajo (5) haya dado resultados de tan gran exactitud, siendo así que dicho procedimiento se basa en la hipótesis del foco punctiforme?

La explicación de esta contradicción puede hacerse de dos modos. En primer lugar, el desgaje y hundimiento del bloque focal pudo no ser instantáneo, y como los datos de observación en que se basa el cálculo son las horas de la primera vibración registrada en el sismograma, es evidente que si la dislocación empezó en una zona muy reducida del bloque sismogénico, cuyas dimensiones puedan considerarse despreciables, el resultado del cálculo será fijar esa área pequeñísima en que se inició el movimiento sísmico y a que se refieren las horas de *P* registradas en cada estación sismológica. De este modo, y a pesar de tratarse de un bloque focal, la hipótesis del foco

punctiforme, o de dimensiones despreciables, será perfectamente válida.

En segundo lugar, y aun suponiendo que en el megasismo japonés la causa del sismo fuera un movimiento en masa de un bloque de dimensiones no despreciables, la posición con relación a él de las estaciones sismológicas cuyos datos horarios hemos utilizado pudiera dar una zona reducida como foco, a causa de estar muy cercanos los puntos correspondientes a cada Observatorio, que son los más próximos, y cuyas vibraciones, por llegar las primeras, se han registrado en el principio del sismograma. En el caso del sismo que estamos estudiando, los Observatorios japoneses cuyas horas de \bar{P} se han utilizado en el cálculo de las coordenadas del hipocentro, están comprendidos en un sector de 90 grados alrededor del foco sísmico, por lo cual las vibraciones registradas corresponden a una parte pequeña del contorno del bloque sísmico.

La primera explicación de un desgaje y hundimiento no instantáneo del bloque focal no tiene nada de aventurada. La investigación del Profesor Harry Fielding Reid (11), dedicada a la explicación de las causas y naturaleza del terremoto de San Francisco de California de 18 de abril de 1906, estudia la manera como se producen las fracturas de las rocas en el área macrosísmica.

A juicio de tan eminente Geofísico, la fractura de las rocas producida por acumulación de tensiones elásticas no es instantánea. La tensión no rebasa de un solo golpe el límite de resistencia de las rocas en todo el dominio de la falla, sino que empieza en una región limitada y desde ésta se propaga con una velocidad inferior a la de las ondas elásticas longitudinales, que es de cinco y medio kilómetros por segundo. Al producirse la fractura en un punto o área muy reducida, la tensión que la ha originado no queda allí completamente contrarrestada, sino que se propaga y va produciendo nuevas fracturas o

prolongando la formada en un principio, hasta que llega un momento en que su intensidad decreciente no es ya bastante para rebasar el límite de resistencia de las rocas y cesa la ruptura de éstas.

En el caso del sismo de California de 18 de abril de 1906, en que se abrió una falla gigantesca de 435 kilómetros de longitud, la moción más violenta se produjo treinta segundos después de iniciarse las fuertes sacudidas, y duró de treinta a sesenta, lo que Reid atribuye no sólo a la vibración de los labios de la falla, sino a la sucesiva llegada de los choques originados al propagarse la fractura a puntos más lejanos.

En el violento terremoto que el 4 de enero de 1911 devastó una parte del Turkestán ruso, la falla principal, de 170 kilómetros de longitud, situada cerca del lago Issik-kul, tardó en abrirse unos diez y ocho segundos (12, pág. 135).

Respecto a los movimientos en masa de bloques corticales, Reid (11, pág. 344) dice textualmente: «De la precedente discusión resulta que los movimientos súbitos, en bloque, de compartimientos corticales, no pueden producirse si éstos tienen dimensiones superiores a tres kilómetros. Pero es muy posible que en el momento del sismo se abran dos fallas paralelas, y que la región entre ambas comprendida sufra una elevación o un hundimiento, aun cuando los súbitos desplazamientos sólo puedan ocurrir en la zona inmediata a las fracturas.»

Este párrafo, que transcribimos literalmente, es de suma importancia para el estudio que estamos haciendo del megasismo de 1 de septiembre.

Para dilucidar la importante cuestión de si en éste el foco es el bloque correspondiente a la zona central hundida de la bahía de Sagami, y si su movimiento fué o no instantáneo, no tenemos, en el presente caso, más que las horas del principio de \bar{P} registradas en las estaciones más próximas, que son las

de Numadzu, Tokio, Kumagaya, Tukuba, Choshi, Mito y Matsumoto, pues los datos correspondientes a las de Kofu, Mae-bashi y Hamamatsu presentan tan grandes errores, que todos los investigadores han prescindido de ellas al estudiar el sismo con los datos del registro instrumental.

Si el foco sísmico, en vez de ser un área reducida es un bloque de dimensiones no despreciables, cada Observatorio empezará el registro con las vibraciones del punto del bloque más próximo. Si determinamos, pues, las distancias epicentrales de las distintas estaciones basándonos en un procedimiento que no se funde en la preexistencia del foco punctiforme, es evidente que los arcos trazados desde cada Observatorio, con un radio igual a su respectiva distancia epicentral, serán tangentes al contorno del bloque sísmico.

En el trabajo ya citado (5) hemos procedido a dicho cálculo, y en las figuras 1.^a y 2.^a se representan los arcos correspondientes a las distintas estaciones y cuyos nombres van inscritos.

La estación de Numadzu proporciona el arco *ab*, que define el borde occidental del bloque focal y se ajusta bastante bien al límite occidental de la zona hundida de la bahía de Sagami. La posición en extremo favorable de este Observatorio y su pequeña distancia epicentral, que en los cálculos de casi todos los investigadores sólo oscila entre 44 y 45 kilómetros, le hacen jugar un papel preponderante, pues delimita con bastante precisión el borde occidental del bloque sísmico, que suponemos representado en la figura 1.^a por la recta *MN*.

De las demás estaciones se obtienen los arcos *bc* (Matsumoto), *cd* (Tokio), *de* (Mito) y *mn* (Kumagaya). Estos dan aproximadamente la dirección *NP* para el borde del bloque que hace frente al Noreste. El arco *bc* de Matsumoto, por su posición, corresponde al ángulo Noroeste del bloque que tratamos de delimitar y en donde asientan los siete epicentros,

1 a 7, que hemos calculado. El de Kumagaya, *mn*, es miñsculo y apenas contribuye al límite que buscamos. El de Mito, *de*, tiene una gran longitud y lo hemos debido emplear así por carecer de datos de otras estaciones. Es indudable que en el procedimiento que estamos siguiendo sólo podemos utilizar, de los arcos de cada Observatorio, un segmento pequeño, que es el inmediato a la recta que representa el azimut del movimiento y en donde es tangente al contorno del bloque, pero la falta de datos nos obliga a esta abusiva utilización de los arcos trazados desde cada Observatorio como centro.

La posición de los arcos *cd* y *de* discrepa algo del límite que hemos representado por la recta *NP*. Ello es debido a haber utilizado un trozo excesivo de tales arcos, por no haber suficiente número de estaciones.

Por otra parte, las discrepancias entre el límite *NP* y los arcos trazados, del orden, en distancia, de dos a tres kilómetros, son inevitables, pues las horas de \bar{P} se registran en segundos redondos y la velocidad de estas ondas es de más de cinco kilómetros y medio. Mientras las estaciones sismológicas no lleguen a la precisión de la décima de segundo, es imposible alcanzar más exactitud en este trazado del contorno del bloque sísmico.

La delimitación de este borde del bloque sísmico, vuelto al Noreste, que han permitido los arcos *cd* y *de* de Tokio y Mito, se ajusta aproximadamente en su parte media al límite de la zona central de hundimientos de la bahía de Sagami, pero hacia su extremo Noroeste se separa algo de dicho límite y atraviesa un área de levantamientos, que en algunos puntos llegan a 250 metros. Sin embargo, hacia el otro extremo Sureste el borde *NP* cruza un área pequeñísima, situada al Sur de la extremidad de la península de Miura, donde la sonda ha registrado el hundimiento máximo de 400 metros. Estas irregularidades en el contorno del bloque sísmico, que se mani-

fiestan en los numerosos entrantes y salientes que presentan las áreas de elevaciones y hundimientos, pueden ser consecuencia de los efectos producidos por las violentas sacudidas que siguieron al sismo principal y a que no se refieren los datos del registro instrumental que hemos utilizado en el cálculo de las distancias epicentrales, radios de los arcos trazados desde las distintas estaciones. En confirmación de lo dicho, puede observarse que en la parte que estamos considerando la zona de elevaciones está a su vez limitada más al Norte por una serie discontinua de pequeñas áreas de hundimiento, que parecen ser efectos secundarios de las réplicas y no corresponder al área principal depresa en que asienta el foco sísmico del terremoto principal.

Para determinar el borde oriental del supuesto bloque sísmico no hay más estación que la de Mera, situada en la extremidad meridional de la península de Boso. Su situación privilegiada y homóloga a la de Numadzu hubiera podido prestar grandes servicios, pero desgraciadamente no se dispone de la hora de P en ella registrada, que no dan ninguno de los investigadores al ofrecer en tablas los datos del registro instrumental. En el trabajo (1) de Imamura se reproduce el sismograma registrado en Mera, pero no hay indicación alguna en la gráfica que permita deducir cuál es la hora inicial del movimiento. Imamura hace un pequeño estudio de dicha gráfica para hallar la dirección del movimiento sísmico, que resulta ser Oeste. Utilizando la distancia focal de Mera, que dicho investigador supone igual a 43 kilómetros, y suponiendo que la profundidad hipocentral es de 35, resulta para la distancia epicentral de Mera el valor de 25 kilómetros, que ha servido de radio para trazar en la figura 1.^a el arco eh , que en cierto modo puede valer para tener una idea de la delimitación oriental del supuesto bloque focal, aunque esta determinación es pobrísima, pues se trata de un solo dato, cuya precisión no es segura.

Como la dirección del movimiento sísmico en Mera es Oeste, sólo podemos utilizar del arco ef la pequeña parte que sigue la dirección Norte-Sur. Esta parte del arco ef cae en la zona de hundimientos de la bahía de Sagami.

Acaso la distancia epicentral atribuida a Mera sea excesiva, y reduciéndola en unos cinco kilómetros el arco correspondiente marcaría el límite de una línea meridiana de pequeñas áreas de elevaciones al Sur de la extremidad meridional de la península de Miura, y en donde parece terminar la parte del bloque hundido que da frente a la costa de Boso y se extiende entre Sunosaki y Mera (fig. 1.^a).

Más hacia el Sur es imposible hacer conjeturas sobre el borde oriental de la zona hundida de la bahía de Sagami, pues no hay datos de estaciones sismológicas ni de sondeos. Esa área principal de hundimientos parece seguir en dirección Noroeste-Sureste al Sur de dicha península y al Este de la isla de Oshima, sin que podamos precisar hasta dónde llegue esa continuación.

El borde meridional del supuesto bloque sísmico no puede determinarse por el registro de los sismógrafos, que faltan en esta parte. El examen del mapa de la figura 1.^a induce a trazar como límite del bloque la recta MQ , que separa las zonas de elevación y hundimiento de la bahía de Sagami. Dado el hecho ya mencionado de que en la isla de Oshima se han advertido solamente elevaciones del suelo de un par de metros, en tanto que a un par de kilómetros de la costa la sonda acusa hundimientos de un modo continuo, que en algunos puntos llegan a 120 y a 160 metros, no nos parece aventurado el trazado del borde MQ , supuesto para limitar esta cara del bloque sísmico.

El arco gh , que corresponde a la estación de Choshi, atraviesa parte de la zona de hundimiento de la bahía de Sagami, en lugar de ser tangente a su contorno. Para explicar esta

aparente anomalía, se pueden invocar dos razones. En primer lugar la hora de \bar{P} registrada en dicha estación puede tener un error de uno a dos segundos de adelanto. Si esto es cierto, la distancia epicentral que le hemos calculado excede de cinco a diez kilómetros a la verdadera, y a esto es debida la posición errónea del arco gh . No hay más que reducir en dicha cantidad el radio para obtener un arco que vendría a pasar por las inmediaciones del punto e , que es la parte a que, por la posición de Choshi, corresponde la tangencia al contorno del bloque sísmico.

Si, por el contrario, la hora dada por Choshi es exacta, entonces el arco correspondiente a dicha estación debe considerarse en la parte inmediata a g , donde corta a todos los demás y están los epicentros que hemos calculado por nuestro procedimiento. Siendo este punto el más próximo a Choshi, ello nos indicaría que el desgaje y hundimiento del bloque sísmico no habría sido instantáneo, y el movimiento se habría iniciado en ese ángulo Noroeste del bloque, en donde Gutenberg y Matsuyama, salvo los errores de situación que resultan de los de observación, han querido situar el epicentro. La hipótesis de este último investigador, de haberse propagado el movimiento en dirección Sureste, sería verdadera, y los ganchos con que se inicia el sismograma en las estaciones próximas corresponderían efectivamente a los impulsos sucesivos del movimiento sísmico hasta llegar al máximo esfuerzo que produjo la catástrofe.

De lo expuesto resulta la importancia extrema de conocer con gran exactitud las horas iniciales de los sismogramas. La iniciativa tomada por el distinguido Sismólogo, Profesor A. de Quervain, que ha instalado en las estaciones suizas sismógrafos que registran las fases a la décima del segundo, responde a una verdadera necesidad científica, si se quiere estudiar el proceso sismogénico, aun tan poco conocido.

Desgraciadamente, como los datos horarios de las estaciones japonesas, a pesar del esmero con que se han tomado, pueden tener errores de uno a dos segundos, resulta imposible decidir cuál ha sido la naturaleza del movimiento sísmico en el foco.

La posición de los siete epicentros que nos ha dado el cálculo, con resultado tan satisfactorio, puede explicarse de dos maneras distintas: o por el hundimiento instantáneo del bloque que se formó al producirse las dos fallas paralelas que corren en dirección Suroeste-Noroeste y parecen resultar del examen del mapa submarino de la figura 1.^a, o bien por la existencia de una serie de choques sucesivos, como sugiere el Profesor Matsuyama, y el inicial en el ángulo Noroeste del bloque, o sea en una zona próxima a los epicentros de Gutenberg y Matsuyama y a los que nosotros hemos determinado.

Si el hundimiento del bloque fué instantáneo, la posición de nuestros epicentros resulta del hecho de que todos los arcos prolongados, como puede verse en la figura 2.^a, pasan por una pequeñísima zona inmediata a ellos, y la circunstancia desfavorable de disponer sólo de los datos horarios de media docena de estaciones que ocupan mala posición con relación al área epicentral, pues están dispuestas en un sector de 90 grados alrededor del foco, hace creer, por los resultados acordes del cálculo, en una posición del epicentro que no corresponde a la realidad y que sólo es consecuencia de la insuficiencia de datos.

Si el desgaje y hundimiento del bloque de la bahía de Sagami no fué instantáneo, sino que se inició en la extremidad Noroeste y se fué corriendo hacia Sureste, entonces la posición de los epicentros que ha dado el cálculo es correcta; como el movimiento sísmico se originó en un punto o área de dimensiones despreciables, las vibraciones iniciales del sismograma, cuyos datos son los que se utilizan en nuestro procedi-

miento de cálculo, corresponden a dicho punto, y la hipótesis del foco punctiforme es válida y explica los resultados, en extremo concordantes, que da la teoría.

Para decidirse por uno u otro supuesto, nos faltan datos de algunas estaciones que permitieran limitar la parte del contorno oriental y meridional del bloque sismogénico, y un conocimiento de las horas de \bar{P} a la décima de segundo, que permitiría el trazado exacto de los arcos correspondientes a las distintas estaciones.

Si en el megasismo japonés hubiéramos dispuesto de los datos horarios, a la décima de segundo, de 50 estaciones que rodearan al foco sísmico en todas direcciones, el procedimiento que hemos seguido en el trabajo ya citado (5) hubiera permitido delimitar con toda precisión el contorno del bloque focal y explicar la naturaleza del movimiento en el área epicentral.

Aplicado este método a cada una de las numerosísimas réplicas que siguieron al sismo principal, se podría seguir paso a paso la marcha del fenómeno, hallar en cada réplica la parte del bloque que hace de foco, es decir, conocer al detalle la migración del epicentro por el dominio sísmico, explicar la sucesiva formación de las áreas de elevación y depresión de la bahía de Sagami y separar los efectos debidos a cada una de las sacudidas.

De este modo se conocerían los detalles relativos a la naturaleza y génesis del movimiento sísmico y se penetraría en el conocimiento del origen y causas de tan misterioso fenómeno.

Estas breves consideraciones hacen comprender el brillantísimo porvenir que aguarda a la sismometría tan pronto se dote a cada país de una densa red de estaciones sismológicas que permitan determinar con gran precisión (a la décima de segundo) las horas de las fases del sismograma.

Estas cuestiones deben interesar mucho a los Sismólogos y Geólogos, pues si en la investigación del origen, causas y proceso del fenómeno sísmico, los reconocimientos geológicos hechos a raíz de la catástrofe para conocer los efectos destructores constituyen una base indispensable de ese estudio, tan interesante como poco adelantado, no es menos cierto que tratándose de un terremoto tectónico, como el japonés de 1 de septiembre de 1923, en que las réplicas se sucedieron a centenares más de cuatro meses, los datos del registro instrumental son también indispensables; pues atentos los sismógrafos, en su funcionamiento incesante y automático, a registrar los movimientos del suelo, son los únicos que pueden informarnos del proceso del sismo en el tiempo, separando los efectos de cada sacudida, precisando cuál es la hora, intensidad y foco de cada una; en una palabra: explicando la producción sucesiva de los efectos destructores que el Geólogo sólo puede apreciar en conjunto y como efecto total de acumulación de los esfuerzos que actúan sucesivamente en las diversas sacudidas.

La colaboración de los Geólogos y Geofísicos es, pues, indispensable si se quiere estudiar a fondo el proceso de estos importantes terremotos tectónicos.

Añadamos, para terminar, que nuestro objeto en esta nota no ha sido otro que demostrar la importancia de los cálculos sísmicos, aun para los problemas relacionados con la naturaleza y génesis del movimiento sísmico, y no hemos pretendido, ni mucho menos, hacer un estudio detenido del terrible megasismo japonés y dilucidar las causas de tan importante fenómeno. Labor es ésta que corresponde a los Sismólogos y Geólogos japoneses, que tienen a su disposición el material de observación de todas las sacudidas, así como el conocimiento profundo de la geología de la zona sísmica y de los resultados de los reconocimientos efectuados a raíz del sismo. A nosotros no nos ha sido posible utilizarlos, pues el informe

fundamental acerca del megasismo japonés, publicado por la Imperial Earthquake Investigation Committee, obra en tres tomos y profusamente ilustrada, de interés extraordinario por los datos e informes que contiene, ha escapado a nuestro buen deseo de estudiarlo por estar escrito en japonés, lengua que desconocemos en absoluto.

Para que se vea por un solo detalle qué resultados pueden sacarse de la información geológica, citaremos una observación del trabajo de Suda (4), en que se dice textualmente: «De esta distribución estratigráfica y del relieve topográfico puede hacerse la deducción siguiente: las penínsulas de Izu, Miura y Boso y el mar de Sagami constituyeron al principio una llanura continua en la formación terciaria, pero al final de dicho período geológico prodújose un movimiento en la superficie terrestre: una parte de la extensa llanura se hundió mientras la otra se elevaba. La porción levantada constituyó dichas tres penínsulas y la parte depresa se convirtió en el mar de Sagami.» Si este proceso es exacto, el carácter del megasismo japonés de 1 de septiembre de 1923 le es análogo, aunque en términos modestos, pues sus efectos han sido el hundimiento de la parte central de la bahía de Sagami y el levantamiento de la zona circundante.

El segmento de la corteza terrestre teatro de dicho megasismo parece seguir sometido al mismo régimen de las fuerzas endógenas que le dieron su actual relieve, y esta conclusión muestra la importancia de los estudios sismométricos, pudiendo el terremoto compañero inseparable de toda perturbación tectónica, el conocimiento detallado del movimiento sísmico ha de ayudarnos a comprender la actuación de las fuerzas endógenas, que desde los tiempos más remotos han ido cambiando el relieve de la superficie del Globo.

NOTA BIBLIOGRAFICA

1. *Preliminary Note on the great Earthquake of S. E. Japan on Sept. 1, 1923*, by A. Imamura, Member of the Imperial Earthquake Investigation Committee. 22 págs. en 4.^o y 7 láminas. National Research Council of Japan. Tokio, 1924.
2. JAPAN. HYDROGRAPHIC DEPARTMENT. GEOPHYSICS: *The work of the Hydrographic Department of the Imperial Japanese Navy*. 1922-23. 5 páginas y un mapa.
3. JAPAN LANDSURVEY DEPARTMENT: *The change of elevation in the precise levelling line caused by the great Earthquake of September 1st 1923 in the districts including Tokyo, Tiba and Kanagawa prefectures, executed by the Landsurvey Department of the Japanese Army*. 11 págs. y 7 láminas.
4. «On the great Japanese Earthquake of September 1st 1923», by K. SUDA: *The Memoirs of the Imperial Marine Observatory*. Kobe Japan. Volumen I. Núm. 4. Kobe. August, 1924, págs. 137-239, 7 tablas, 29 grabados y 31 láminas (mapas, sismogramas, etc.).
5. VICENTE INGLADA: *Contribución al estudio del megasismo japonés de 1 de septiembre de 1923. Cálculo de las coordenadas focales y del instante inicial del terremoto principal por medio de las horas de P registradas en las estaciones próximas*. 92 págs. y 8 figs. Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid. Tomo XXIII, págs. 47-135.
6. *Rémarques sur le tremblement de terre du Japon du 1^{er} Septembre 1923 (Séisme de Kwanto). Notes on the nature of the Kwanto Earthquake Japan, on Sept. 1, 1923*, by Motonori Matsuyama, Rg. H. Professor of theoretical Geology, Kyoto Imperial University. Publications du Bureau Central Sismologique International. Série A. Travaux scientifiques. Fac. n° 2, págs. 3-24. Toulouse, 1925.
7. «Notes on the destructive Earthquake in Sagami Bay on the first September, 1923», by KATSUYOSHI SHIRATORI. *Japanese Journal of Astro-*

nomy and Geophysics. — *Transactions and Abstracts.* Vol. II. Núm. 4. páginas 173-192, 10 figuras y una lámina. — Tokyo, 1925.

8. «Bearbeitung von Aufzeichnungen einiger Weltbeben» von B. Gutenberg. — Darmstadt. 32 páginas en 4.^o y dos figuras. Tirada aparte de las *Abhandlungen der Senckenbergischen Gesellschaft.* Vol. 40, Cuaderno I. — Frankfurt a. Mejn. 1925.

9. VICENTE INGLADA: *Cálculo de las coordenadas del foco sismico y del instante inicial de las sacudidas por medio de las horas del principio de los sismogramas registrados en varias estaciones próximas.* Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid. Tomo XXII, páginas 523-592 (junio 1926).

10. «On the relation between the duration of the preliminary tremor and the epicentral distance for near Earthquakes», by F. OMORI. Sc. D. Member of the Imperial Earthquake Investigation Committee. — *Bull. of the Imp. Earth. Inves. Comm.* Vol. IX, núm. 1, págs. 33-39 y dos láminas. — Tokyo, marzo de 1918.

11. HARRY FIELDING REID: *On mass movements in tectonic Earthquakes and the depth of the focus.* Beiträge zur Geophysik, 1910. Vol. X, págs. 318-351 y 9 figuras.

Véase también: *The California Earthquake of April 18, 1906. Report of the State Earthquake Investigation Committee in two volumes and atlas,* Volumen II. *The mechanics of Earthquakes* by HARRY FIELDING REID. — Part. I, págs. 3-55.

12. FÜRST B. GALITZIN: «Das Erdbeben von 3-4 Januar 1911». *Bulletin de l'Académie Imperiale des Sciences.* — St. Pétersbourg, 1911. 135.

13. SINSAY YOBO TYOSAKWAY HOKOKU: (*Reports of the Imperial Earthquake Investigation Committee*). N.^o 100 A, 100 B y 100 E. Tres tomos de 353, 296 y 126 páginas respectivamente, ilustrados con numerosos grabados, mapas y gráficos. — Tokyo, 1925.

EL SISMO DEL BAJO SEGURA

DE 10 DE SEPTIEMBRE DE 1919

CÁLCULO DE LAS COORDENADAS DEL FOCO
BASADO EN LA HORA INICIAL DE LOS SISMO-
GRAMAS REGISTRADOS EN VARIAS ESTACIONES
PRÓXIMAS

POR

VICENTE INGLADA ORS

Teniente Coronel de Estado Mayor e Ingeniero Geógrafo,
Profesor de la Escuela Superior de Guerra.

EL SISMO DEL BAJO SEGURA

DE 10 DE SEPTIEMBRE DE 1919

CÁLCULO DE LAS COORDENADAS DEL FOCO, BASADO EN LA HORA INICIAL DE LOS SISMO- GRAMAS REGISTRADOS EN VARIAS ESTACIONES PRÓXIMAS

En un trabajo (1)* presentado en julio de 1925 a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, hemos expuesto con todo detalle un procedimiento de cálculo de las coordenadas del foco y de la hora inicial del sismo, basado en el conocimiento de las horas del principio \bar{P} del seísmograma registrado en varias estaciones próximas.

Partiendo de que el foco es punctiforme o de dimensiones bastante pequeñas para ser despreciadas, se admite en dicho procedimiento que la velocidad v de las ondas sísmicas longitudinales en un punto situado a la distancia r del centro de la Tierra viene dada por la expresión

$$v = a - br^2 \quad [1].$$

en que a y b son constantes. Esta fórmula, correspondiente a un rayo sísmico circular, vale hasta una profundidad de 1.000 kilómetros y es la que más se adapta a las observacio-

* Una llamada en esta forma indica el número de orden de la Memoria en la lista bibliográfica que se inserta al fin de este trabajo.

nes sismométricas, según resulta de los trabajos fundamentales (2) sobre la propagación de las ondas sísmicas que han llevado a cabo el ilustre Sismólogo Wiechert y sus discípulos en el Instituto Geofísico de Göttingen.

Limitándonos a distancias epicentrales inferiores a 850 kilómetros, en cuyo caso el rayo sísmico atraviesa solamente la capa exterior de la corteza, es decir, no penetra a profundidad mayor de 57 kilómetros, la ley expresada por la ecuación [1] podrá aceptarse sin el menor escrúpulo, pues en tan delgada capa no hay superficie alguna de discontinuidad; admitiendo también, según resulta de un trabajo fundamental de B. Gutenberg (3), que la velocidad v_0 de las ondas sísmicas longitudinales es

$$v_0 = 5,55 \pm 0,05 \text{ km/seg.} \quad [2]$$

en la superficie terrestre y

$$v_{57} = 5,7 \pm 0,2 \text{ km/seg.} \quad [3]$$

a la profundidad de 57 kilómetros, donde está la superficie de discontinuidad que divide la corteza terrestre en dos capas del mismo espesor sensiblemente (4) (la zona de fractura y la de fluidez), las constantes a y b de [1] se calculan fácilmente y esta fórmula se convierte en

$$v = 0,002193116 - 0,001321846 \cdot r^2 \quad [4],$$

donde r se supone expresado en partes del radio medio terrestre R , o sea tomando como unidad $R = 6.370$ kilómetros.

Los elementos del rayo sísmico circular (radio, longitud, tiempo de recorrido) que corresponde a una cierta distancia epicentral Δ y a una profundidad h del foco, ambas conocidas, se determinan fácilmente; pero el problema admite mayor simplificación, pues dada la práctica corriente de las estaciones

sismológicas que no dan en sus boletines las horas del principio del sismograma con precisión superior al segundo *, cabe aceptar, como hemos demostrado en el ya citado trabajo (1), que el rayo sísmico es rectilíneo y que el movimiento se propaga con velocidad constante de unos 5,7 kilómetros por segundo, ya que los errores que resultan de esta hipótesis son del mismo orden que los del registro instrumental y mucho menores si se trata de distancias epicentrales inferiores a 400 kilómetros.

Admitida esa simplificación, la cuestión de que nos ocupamos es bien sencilla. Si designamos por x_0, y_0, z_0 , las coordenadas rectangulares del foco sísmico (tomando el kilómetro por unidad), por t_0 la hora inicial, en segundos, del sismo en el hipocentro (cantidades que son las incógnitas del problema), por $x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2, \dots, x_n, y_n, z_n$, respectivamente, las coordenadas rectangulares de las estaciones registradoras E_1, E_2, \dots, E_n (las suponemos numeradas en orden creciente de distancias epicentrales) que han inscripto a las horas respectivas t_1, t_2, \dots, t_n el principio \bar{P} del sismograma, y por v la constante 5,7 (velocidad de propagación de las ondas sísmicas longitudinales en las capas terrestres superficiales), se puede establecer el sistema de ecuaciones, en número igual al de estaciones:

$$\left. \begin{aligned} (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2 &= v^2 (t_1 - t_0)^2 \\ (x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2 + (z_2 - z_0)^2 &= v^2 (t_2 - t_0)^2 \\ \dots &\dots \\ (x_n - x_0)^2 + (y_n - y_0)^2 + (z_n - z_0)^2 &= v^2 (t_n - t_0)^2 \end{aligned} \right\} \quad [5],$$

de las que se sacan los valores de x_0, y_0, z_0 y t_0 por los procedimientos ordinarios de resolución de ecuaciones, y apli-

* En realidad no se puede contar siempre con la precisión del segundo, pues un error de dos o tres segundos en la hora de \bar{P} no tiene nada de particular.

cando la teoría de los mínimos cuadrados, para hallar los valores más probables de las incógnitas, si es mayor que cuatro el número de las estaciones con que se cuenta.

Como el principio del sismograma se conoce con aproximación sólo de un segundo, y esto en los casos más favorables de observación, no cabe determinar los valores de x_0, y_0, z_0 , ni hace falta tampoco, con precisión superior al kilómetro, ya que excede de cinco por segundo la velocidad de las ondas sísmicas longitudinales en las capas superficiales de la corteza terrestre.

Tratándose de sismos ibéricos, en que utilizaremos los datos de las estaciones sismológicas españolas—Alicante, Almería, Cartuja (Granada), Ebro (Tortosa), Fabra (Barcelona), San Fernando, Toledo y Málaga y la de Coimbra (Portugal)—, podremos no sólo suponer que la superficie del geoide es plana en la extensión de nuestro suelo y tomarla como plano coordenado de las x, y , sino prescindir también de las z o altitudes de nuestras estaciones, pues son de escaso valor y sólo para Barcelona, Toledo y Granada llegan, respectivamente, a 405, 519 y 768 metros, en todos los casos menores que el kilómetro, elegido como unidad.

De este modo, el sistema [5] se convierte en

$$\left. \begin{aligned} (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + z_0^2 &= v^2 (t_1 - t_0)^2 \\ (x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2 + z_0^2 &= v^2 (t_2 - t_0)^2 \\ \dots &\dots \\ (x_n - x_0)^2 + (y_n - y_0)^2 + z_0^2 &= v^2 (t_n - t_0)^2 \end{aligned} \right\} [6].$$

Para transformarlo ahora en un sistema de ecuaciones lineales restaremos las [6] de dos en dos y desaparecerán los cuadrados de las incógnitas. La elección de parejas para hacer esta substracción dependerá de las condiciones del registro instrumental en cada estación.

Suponiendo que las horas de \bar{P} son de igual precisión, po-

dremos restar la primera ecuación [6] de todas las demás, y se obtendrá el sistema:

$$\left. \begin{aligned} (x_1 - x_0) x_0 + (y_1 - y_0) y_0 - v^2 (t_1 - t_0) t_0 &= \frac{x_1^2 - x_0^2 + y_1^2 - y_0^2 + v^2 (t_2^2 - t_0^2)}{2} \\ (x_2 - x_0) x_0 + (y_2 - y_0) y_0 - v^2 (t_2 - t_0) t_0 &= \frac{x_2^2 - x_0^2 + y_2^2 - y_0^2 + v^2 (t_3^2 - t_0^2)}{2} \\ \dots &\dots \\ (x_n - x_0) x_0 + (y_n - y_0) y_0 - v^2 (t_n - t_0) t_0 &= \frac{x_n^2 - x_0^2 + y_n^2 - y_0^2 + v^2 (t_n^2 - t_0^2)}{2} \end{aligned} \right\} [7].$$

Como los tiempos t_1, t_2, \dots, t_n del registro instrumental se suelen expresar en horas, minutos y segundos, para obtener números más sencillos, elegiremos como origen de tiempo la hora t_1 registrada en la estación más próxima al epicentro, y representando por $\tau_2 = t_2 - t_1, \tau_3 = t_3 - t_1, \dots, \tau_n = t_n - t_1$, que serán enteros muy pequeños, las diferencias entre las horas registradas en cada estación y la primera, y por $\tau = t_1 - t_0$ el tiempo que el movimiento sísmico tarda en llegar al primer Observatorio, el sistema [7] toma la forma más sencilla:

$$\left. \begin{aligned} (x_1 - x_0) x_0 + (y_1 - y_0) y_0 - v^2 \tau_2 \tau &= \frac{x_1^2 - x_0^2 + y_1^2 - y_0^2 + v^2 \tau_2^2}{2} \\ (x_2 - x_0) x_0 + (y_2 - y_0) y_0 - v^2 \tau_3 \tau &= \frac{x_2^2 - x_0^2 + y_2^2 - y_0^2 + v^2 \tau_3^2}{2} \\ \dots &\dots \\ (x_n - x_0) x_0 + (y_n - y_0) y_0 - v^2 \tau_n \tau &= \frac{x_n^2 - x_0^2 + y_n^2 - y_0^2 + v^2 \tau_n^2}{2} \end{aligned} \right\} [8].$$

Si para abreviar designamos por a, b, c los coeficientes de las incógnitas en [8] y por l los segundos miembros, el sistema se podrá escribir simplemente:

$$\left. \begin{aligned} a_1 x_0 + b_1 y_0 - c_1 \tau &= l_1 \\ a_2 x_0 + b_2 y_0 - c_2 \tau &= l_2 \\ \dots &\dots \\ a_{n-1} x_0 + b_{n-1} y_0 - c_{n-1} \tau &= l_{n-1} \end{aligned} \right\} [9],$$

y si es mayor que cuatro el número de estaciones registrado-

ras, los valores más probables de x_0 , y_0 , τ se sacarán de las ecuaciones normales:

$$\left. \begin{array}{l} [aa]x_0 + [ab]y_0 - [ac]\tau = [al] \\ [bb]y_0 - [bc]\tau = [bl] \\ [cc]z = -[cl] \end{array} \right\} \quad [10]$$

empleando la tradicional notación de Gauss.

Los valores de x_0 , y_0 así hallados nos dan las coordenadas del epicentro, de importancia sin igual en las investigaciones sísmicas. El de τ nos permite hallar en seguida la hora inicial del sismo en el foco.

Conocidas x_0 , y_0 y τ , el sistema [6] nos permite calcular con suma sencillez el valor de z_0 , que es la profundidad del foco sísmico, y restando de la hora del sismo en el foco, ya calculada, el tiempo que el movimiento tarde en recorrer la distancia z_0 a la velocidad de 5,7 kilómetros seguidos, se tendrá la hora del sismo en el epicentro.

Cuando el sismo es terrestre y se dispone de información macrosísmica suficiente y de garantía, se puede efectuar el trazado de las isosistas y deducir de él las coordenadas del epicentro. Conocidas x_0 e y_0 , las ecuaciones [6] permiten calcular con mayor sencillez las otras dos incógnitas, o sea la profundidad hipocentral y la hora del sismo en el hipocentro.

En el trabajo (1) presentado a la Real Academia de Ciencias de Madrid, hemos hecho aplicación de nuestro procedimiento a los dos sismos de la Europa Central de 16 de noviembre de 1911 y 20 de julio de 1913, dando por conocidas las coordenadas epicentrales que calcula Gutenberg (5) en un admirable estudio de dichos sismos, y hallado para valor de la profundidad hipocentral el de 55 kilómetros, que coincide exactamente con el obtenido por él valiéndose de otros procedimientos más laboriosos y complicados.

En otra Memoria (6) presentada también a la Real Academia de Ciencias de Madrid en octubre último, se ha hecho aplicación de la misma teoría al sismo del bajo Segura de 10 de septiembre de 1919, el cual ofrece particular interés, pues el material de observación, tanto macrosísmica como instrumental, con que se cuenta, permite determinar con suficiente precisión las coordenadas del foco y las horas iniciales de las sacudidas.

En otro trabajo (7), basado en el material de observación macrosísmica de dicho temblor de tierra que enviaron las diversas localidades de las provincias de Alicante y Murcia, y en los reconocimientos hechos por la Comisión que para estudiar el sismo nombró el Instituto Geográfico, y a la cual tuvimos el honor de pertenecer, hemos presentado el trazado de las isosistas de mayor intensidad, de las que resulta que las dimensiones del foco sísmico deben ser en este caso muy pequeñas, pues la isosista de grado máximo sólo tiene un radio medio de seis a siete kilómetros, como puede verse en la figura que acompaña al presente trabajo. Esta circunstancia favorable permite aplicar nuestra teoría al sismo del bajo Segura y tomar como coordenadas epicentrales

Latitud: $\varphi = 38^\circ 4' 30''$ N; longitud: $\lambda = 51^\circ 46'$ O. Gr.,

que corresponden al punto marcado en la figura, con error que no excede de dos a tres kilómetros.

Partiendo de estas coordenadas epicentrales hemos procedido en el trabajo ya citado (6) a calcular la profundidad hipocentral utilizando cuatro métodos que nos dieron los valores respectivos de 57, 57, 58, 57, 55 y 46,3 kilómetros, cuyo promedio de 55 se ha tomado como valor de dicha profundidad con un error probable de dos kilómetros.

Determinada la profundidad hipocentral se ha pasado a la obtención de la hora inicial, en el epicentro e hipocentro, de

las cinco sacudidas más importantes registradas en el primer día y que se supone irradian del mismo foco. Estas horas son las siguientes:

HORA EPICENTRAL	HORA FOCAL
1. ^a sacudida.... 10h - 40 ^m - 41 ^s	10h - 40 ^m - 31,3 ^s del 10 de septiembre.
2. ^a " 10h - 56 ^m - 53,8 ^s	10h - 56 ^m - 44,1 ^s " " "
3. ^a " 11h - 59 ^m - 10,7 ^s	11h - 59 ^m - 1 ^s " " "
4. ^a " 14h - 22 ^m - 39,3 ^s	14h - 22 ^m - 29,6 ^s " " "
5. ^a " 0h - 38 ^m - 34,8 ^s	0h - 38 ^m - 25,1 ^s " 11 " "

Los errores de estas horas pueden evaluarse en un segundo o segundo y medio.

Pero la marcha seguida en esta investigación ha sido la de suponer conocidas las coordenadas epicentrales y, tomándolas como base, hallar los valores de la profundidad hipocentral y de la hora inicial del sismo. La gran precisión de los resultados obtenidos era una prueba concluyente en favor de nuestro procedimiento; pero quedaba la duda de si aplicando el cálculo a la obtención de las tres coordenadas del foco, utilizando solamente las horas de \bar{P} facilitadas por el registro instrumental y prescindiendo de los datos de la información macrosísmica, los valores hallados así para las coordenadas epicentrales coincidirían sensiblemente con las que resultan de dicha información y de los reconocimientos hechos sobre el terreno a raíz del sismo.

Esto nos sugirió la idea del presente trabajo, para decidir si existía o no tal coincidencia y la precisión a que podría llegar la teoría en la determinación de los elementos primordiales de los temblores de la tierra, y por eso lo vamos a exponer indicando sólo los resultados del cálculo para no alargar excesivamente esta nota.

Suponiendo que las cinco sacudidas primeras del sismo de 10 de septiembre de 1919, que se sucedieron en un intervalo

menor que veinticuatro horas, corresponden a un mismo foco, cuyas coordenadas se trata de calcular, podremos agrupar los datos facilitados por las estaciones sismológicas como si se tratara de un solo sismo. Eligiendo los promedios que se obtienen para cada estación, según resulta del estudio crítico hecho en nuestro trabajo (6), las horas de \bar{P} que nos servirán de dato, referidas, por ejemplo, a la primera sacudida, son las siguientes:

Alicante.....	10h - 40 ^m - 46 ^s	(11).
Almería.....	41 ^m - 9,6 ^s	
Cartuja.....	41 ^m - 20 ^s	
Ebro.....	41 ^m - 31 ^s	
Toledo.....	41 ^m - 33,7 ^s	
Málaga.....	41 ^m - 34 ^s	

De las demás estaciones (Fabra y San Fernando, así como las extranjeras) se ha prescindido, pues según hemos demostrado en el trabajo tantas veces citado (6), el empleo de datos registrados a distancia epicentral mayor que 350 kilómetros no influye de modo sensible en el resultado del cálculo de que estamos tratando.

Eligiendo como plano xy la superficie del geoide, por eje de las z la vertical correspondiente a la estación sismológica de Toledo y por ejes horizontales las direcciones Este-Oeste para el de las x y la Norte-Sur para el de las y , las coordenadas rectangulares de los diversos observatorios, en kilómetros redondos, son las siguientes, prescindiendo de la z , por ser su valor menor que 1 en este caso:

COORDENADAS RECTANGULARES
DE LAS ESTACIONES SISMOLÓGICAS ESPAÑOLAS
(ORIGEN: TOLEDO)

	<i>X</i>	<i>Y</i>
	Kilómetros	Kilómetros
Alicante	+ 303	— 168
Almería.....	+ 133	— 336
Cartuja.....	+ 37	— 300
Ebro.....	+ 386	+ 108
Toledo.....	0	0
Málaga.....	— 32	— 349

En virtud de estos datos y los [11], el sistema de ecuaciones [8] correspondiente a este caso será:

$$\begin{aligned} \text{Almería} & \dots \quad 170x_0 + 168y_0 + 767\tau = 3.709 \\ \text{Cartuja} & \dots \quad 266x_0 + 132y_0 - 1.105\tau = 33.111 \\ \text{Ebro} & \dots \quad 83x_0 - 276y_0 - 1.462\tau = -12.582 \\ \text{Toledo} & \dots \quad 303x_0 - 168y_0 - 1.550\tau = 96.981 \\ \text{Málaga} & \dots \quad 335x_0 + 181y_0 - 1.560\tau = 36.032 \end{aligned} \quad [12],$$

que resulta de restar la ecuación correspondiente a Alicante de cada una de las demás y cuyo nombre se consigna a la izquierda.

Antes de aplicar el método de los mínimos cuadrados a estas ecuaciones lineales, hallaremos valores aproximados de las incógnitas x_0 , y_0 y τ . Resolviendo tres de las ecuaciones precedentes se halla como valor aproximado de τ el de 12,5, y para x_0 e y_0 tomaremos las coordenadas del epicentro que han resultado del trazado de las isosistas y que son: $x = + 271$ e $y = - 198$.

Haciendo, pues, $x_0 = 271 + \alpha$, $y_0 = - 198 + \beta$, $\tau =$

$= 12,5 + \gamma$, en que α , β y γ son las pequeñas correcciones que hay que calcular, el sistema [12] se transforma en:

$$\left. \begin{array}{l} 170\alpha + 168\beta - 767\gamma = 546 \\ 266\alpha + 132\beta - 1.105\gamma = 970 \\ 83\alpha + 276\beta + 1.462\gamma = 1.298 \\ 303\alpha - 168\beta - 1.550\gamma = 977 \\ 335\alpha + 181\beta - 1.560\gamma = 579 \end{array} \right\} \quad [13];$$

y tomando como incógnita auxiliar $\gamma' = 10\gamma$, se convierte a su vez en:

$$\left. \begin{array}{l} 170\alpha + 168\beta - 76,7\gamma' = 546 \\ 266\alpha + 132\beta - 110,5\gamma' = 970 \\ 83\alpha + 276\beta - 146,2\gamma' = 1.298 \\ 303\alpha - 168\beta - 155,0\gamma' = 977 \\ 335\alpha + 181\beta - 156,0\gamma' = 579 \end{array} \right\} \quad [14].$$

Si se aplica a estas ecuaciones la teoría de los mínimos cuadrados, se llega al sistema de ecuaciones normales:

$$\left. \begin{array}{l} 310.579\alpha + 96.311\beta - 129.522\gamma' = 948.570 \\ 96.311\alpha + 182.809\beta + 10.683\gamma' = 518.679 \\ - 129.522\alpha + 10.683\beta + 87.829\gamma' = - 201.054 \end{array} \right\} \quad [15],$$

cuya resolución nos da los valores más probables de las correcciones:

$$\alpha = + 6,2868, \beta = - 0,88921, \gamma' = + 7,0903 \text{ y } \gamma = 0,70903 \dots [16].$$

Limitándonos a la aproximación que puede exigirse, ya que las coordenadas de las estaciones sismológicas se han expresado en kilómetros redondos, las coordenadas del epicentro serán:

$$x_0 = 277,3 \text{ km. } y_0 = - 197,1.$$

Sustituyendo los valores [16] de α , β , γ' en las ecuaciones de condición [14], se hallan los errores residuales, que son, respectivamente:

$$v_1 = + 170,4, v_2 = + 198,6, v_3 = - 15, v_4 = + 21,7 \text{ y } v_5 = - 260,1$$

mediante los cuales se puede determinar el error medio de

una de dichas ecuaciones, que es: $\pm 261,6$, y los de las incógnitas, que son, respectivamente: el de x_0 , $\pm 1,16$; el de y_0 , $\pm 0,95$, y el de τ , $\pm 0,20$. Los errores probables son: 0,71, 0,63 y 0,13.

Estos resultados muestran elocuentemente la gran precisión del procedimiento de que estamos tratando, pues el error probable de las coordenadas epicentrales no llega a un kilómetro.

Hemos de advertir que al hallar los errores probables hemos supuesto exactas las coordenadas de las estaciones sismológicas, es decir, hemos prescindido de los errores de posición de los Observatorios, que quedan incluidos en el grado de apreciación de que hemos partido al expresar aquéllas en kilómetros redondos.

Si se comparan los valores más probables de las coordenadas epicentrales que acabamos de calcular:

$$x_0 = 277,3 \text{ kilómetros} \quad e \quad y_0 = -197,1 \text{ kilómetros}$$

con las que resultan del trazado de las isosistas

$$x_0 = +271 \quad e \quad y_0 = -198,$$

se advierte que las y difieren en menos de un kilómetro y las x en unos seis, resultado que no puede ser más satisfactorio, ya que los errores que resultan de haber supuesto plana la superficie terrestre en la extensión que consideramos y de haber referido todos los puntos al meridiano y paralelo de Toledo, lleva consigo discrepancias de dicho orden en los valores relativos de las coordenadas del epicentro y de las estaciones sismológicas.

Como la posición del epicentro es sensiblemente la misma que la que ha dado el trazado de las isosistas y en la que hemos basado nuestro trabajo ya citado (6), dedicado al cálculo de la profundidad hipocentral y de la hora inicial del sismo en

el foco y en el epicentro, creemos innecesario repetir el cálculo, cuyos resultados hemos consignado ya, y remitimos a la referida Memoria a los Sismólogos que deseen conocer al detalle la marcha del procedimiento.

En virtud de lo dicho podemos llegar a la conclusión de que la teoría que hemos expuesto en resumen en esta nota, permite hallar con gran aproximación las coordenadas del foco sísmico, cuando se conoce el principio del sismograma registrado en varias estaciones próximas, y este procedimiento presenta suma utilidad en las débiles sacudidas que no han permitido recoger suficiente material de observación macrosísmica y aun en aquellos sismos destructores, como el terrible del Japón del 1 de septiembre de 1923, en que por tratarse de un foco submarino, las isosistas se presentan como líneas abiertas y es imposible valerse de ellas para la localización del epicentro.

BIBLIOGRAFÍA

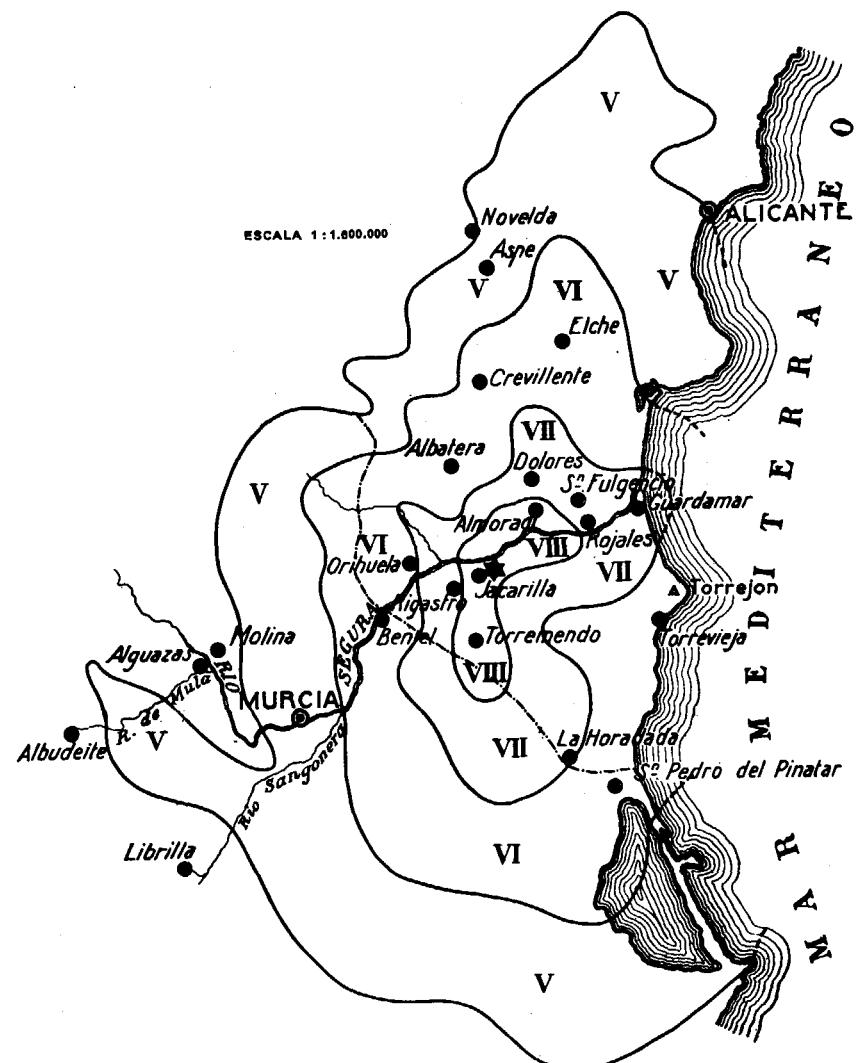
1. VICENTE INGLADA: *Cálculo de las coordenadas del foco sismico y del instante inicial de la sacudida por medio de las horas del principio de los sismogramas registrados en varias estaciones próximas.*— Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales de Madrid. Tomo XXII, págs. 523-592 (junio, 1926).
2. UEBER ERDBEENWELLEN.—I. WIECHERT, E.: *Teoretisch über die Ausbreitung der Erdbebenwellen.* Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Math-phys. Klasse, 1907, págs. 415-529. II.—ZÖPPRITZ, K. und GEIGER, L.: *Laufzeitkurven.* Loco citato, 1909, páginas 529-549. —III. ZÖPPRITZ, K. und GEIGER, L.: *Berechnung von Weg und Geschwindigkeit der Vorläufer. Die Poissonsche Konstante im Erdinnern.* L. c., 1909, págs. 400-428. —V. ZÖPPRITZ, K., GEIGER, L. und GUTENBERG, B.: *Konstitution des Erdinnern, erschlossen aus den Bodenverrückungen der einmal reflektierten zu den direkten longitudinalen Erdbebenwellen und einige andere Beobachtungen über Erdbebenwellen.* L. c., 1912, páginas 121-206. —VI. GEIGER, L. und GUTENBERG, B.: *Konstitution des Erdinnern, erschlossen aus der Intensität longitudinaler und transversaler Erdbebenwellen und einiger Beobachtungen an den Vorläufern.* L. c., 1912, págs. 623-675. VII. A. GUTENBERG, B.: *Beobachtungen an Registrierungen von Fernbeben zu Göttingen und Folgerungen über die Konstitution des Erdkörpers.* L. c., 1914, págs. 1-52.
3. GUTENBERG, B.: *Neue Auswertung der Aufzeichnungen der Erdbebenwellen infolge der Explosion von Oppau.*— Physikalische Zeitschrift Enero, 1925.
4. VICENTE INGLADA: *La corteza terrestre.*— Madrid. Instituto Geográfico, 1923.
5. GUTENBERG, B.: *Die mitteleuropäischen Beben vom. 16 Novemb er 1911 und 20 Juli 1913.*—I. Herausgegeben von O. Hecker. Veröffent



des Zentralbüros d. Int. seis. Assoziation Strasburg, 1915, 84 páginas y un atlas de 32 láminas.

6. VICENTE INGLADA: *Estudios de sismos españoles.—El terremoto del bajo Segura de 10 de septiembre de 1919. Cálculo de su profundidad hipocentral y de la hora inicial de sus sacudidas en el foco y en el epicentro.*—Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid. Tomo XXIII, págs. 47-135 (octubre, 1926).

7. VICENTE INGLADA: *Nuevas fórmulas para abreviar el cálculo de la profundidad aproximada del foco sísmico por el método de Köveslighety y su aplicación a algunos temblores de tierra.* Págs. 47 a 50. Madrid. Instituto Geográfico, 1921.



★ Punto epicentral a que se refieren las distancias medios de las isostas

Mapa de las Isostas del terremoto de 10 de septiembre de 1919 en el Bajo Segura.

FRACTURAS METALIZADAS

EN

TÉRMINO DE ANDÚJAR

POR

ALFONSO DE ALVARADO

Ingeniero de Minas del Instituto Geológico de España.

FRACTURAS METALIZADAS

EN

TÉRMINO DE ANDÚJAR

I

GEOLOGIA DE LA COMARCA

La villa de Andújar, capital del partido, se encuentra sobre el río Guadalquivir y unida por ferrocarril de vía ancha con Córdoba y Sevilla, distando unos 80 kilómetros de la primera ciudad y 205 kilómetros del puerto fluvial de Sevilla.

En la margen Sur, a izquierda del Guadalquivir, se desarrolla ampliamente la formación miocena marina, mientras que hacia el Norte se presentan sucesivamente y son cortadas por la carretera de Puertollano las formaciones siguientes: diluvial que cubre de Sur a Norte tres kilómetros de ancho, una banda triásica algo más estrecha, pizarras paleozoicas no fosilíferas (hasta ahora clasificadas como cambrianas, pero que verosímilmente pertenecen a piso más reciente dentro de aquella edad), una banda ígnea granítica y otra vez las pizarras supuestas cambrianas (ver hoja 44 Mapa Geológico de España), que se apoyan sobre el ordoviciense superior.

De estas series sólo las pizarras paleozoicas y el granito integran la región filoniana, y son, por tanto, interesantes para e

presente estudio. Topográficamente forman estas rocas un terreno abrupto y quebrado, perteneciente a la falda meridional de la Sierra Morena.

Las pizarras paleozoicas que rodean el granito son en algunos tramos duras y silíceas, alternando con otros filadíos más blandos de tinte gris verdoso, característicos del tramo. Como inclinación domina bastante la meridional, no muy acentuada, según se observa claramente en diversos parajes, y como excepción citaremos que los estratos se acercan a la vertical en las márgenes del río Sardinilla, torrencial como todos los de esta comarca.

Junto al contacto con el granito las pizarras, como es frecuente, se hacen chiaztolíticas y a veces están impregnadas de óxido de hierro, según hemos observado en las vertientes de la sierra al río Jándula entre dos y tres kilómetros al Sur de Lugar Nuevo. Toman en otros puntos las pizarras, inyectadas parcialmente de silicatos ígneos, aspecto de roca ígnea semejante al pórfido amarillento terroso que asoma entre las grauvacas de la Cuesta de la Higueruela, sobre la orilla derecha del Pinto, a legua y media de Baños.

Es variable la dirección de las pizarras en la banda meridional, mientras que en la septentrional, más arriba que el granito de La Virgen de la Cabeza, el rumbo es Oeste 25° Norte, bastante constante. Deben corregirse sensiblemente las líneas de contacto señaladas en el mapa geológico de la región, pues siguiendo el camino viejo de La Virgen, la línea de separación entre granito y pizarras corta el camino a mitad de la Cuesta del Gallo, a unos 200 metros al Norte de San Ginés, y los filadíos se extienden hasta dos kilómetros al Norte del borde de la villa de Andújar.

En estos parajes de la banda meridional, la dirección variable de los estratos es como media Este 15° Norte magnéticos, siendo general el buzamiento de 20 grados al Sur,

aunque varía bastante desde unos 12 grados hasta casi vertical en algunos puntos singulares.

Se presentan aquí algunos bancos de pizarras gruesas silíceas de color pardo, a veces rojizo, pero dominan los filadíos arcillosos blandos, muy atormentados, de color claro gris verdoso y frecuentemente atravesados por filoacíllos de cuarzo blanco.

El terreno granítico en que arman los más interesantes filones de esta zona, forma la extremidad Sureste de la inmensa corrida o faja de rocas intrusivas, tan rica en yacimientos metalíferos ya reconocidos, que desarrollándose en longitud de centenares de kilómetros atraviesa las provincias de Jaén, Córdoba, Sevilla, Badajoz y Cáceres, para internarse hacia el Noroeste en Portugal.

Numerosos afloramientos de filones metalíferos, constituidos esencialmente por cuarzo ferruginoso o hematites con pintas y trozos de malaquita y azurita, cortan la mancha granítica en diversos parajes, entre los cuales citaremos las vertientes Norte y Noreste del cerro Virgen de la Cabeza, Valhondo, Montealegre, Rozalejo, Viñas de Andújar, Orillas del Sardinilla, Cabeza Parda, Salas de la Galiarda, etc.

Predomina en toda la mancha la textura porfiroide. En la zona de Las Viñas el granito está muy descompuesto y desagregado, formando a veces arena de gruesos granos, mientras que hacia el santuario de la Virgen es más compacto y coherente, destacando grandes cristales de feldespato blanco sobre pasta rojiza. Cerca de Salas de Galiarda la roca es gris y se acentúa mucho la textura porfiroide, destacando a simple vista grandes cristales de orthosa, frecuentemente maclados según la ley de Baveno.

Muy frecuente es también, en el granito de la región estudiada, la textura gneísica, pues variedades muy ricas en mica dorada y biotita en anchas láminas se desagregan fácilmente

tomando aspecto semejante al gneis típico. Cerca del santuario, y en sus inmediaciones septentrionales, se presentan dos distintas variedades de pasta negra o rosada, ambas porfiroides, con gruesos cristales de orthosa, y también se presenta la variedad granitoide típica, de color gris, compacita y con elementos de mediano tamaño, es decir, semejante al que domina en la meseta de Linares y Sierra de Guadarrama.

II

SUCINTA RELACIÓN DE ALGUNOS FILONES

Al Sur de la banda granítica, cerca de la ciudad de Andújar, se presentan enclavados en el paleozoico diversos afloramientos de no gran importancia, entre los cuales, los de las concesiones Matilde, Lavadero, Cataclismo y alguna otra, han sido laboreadas en pequeña escala, produciendo algunos óxidos de hierro y sulfuros de cobre.

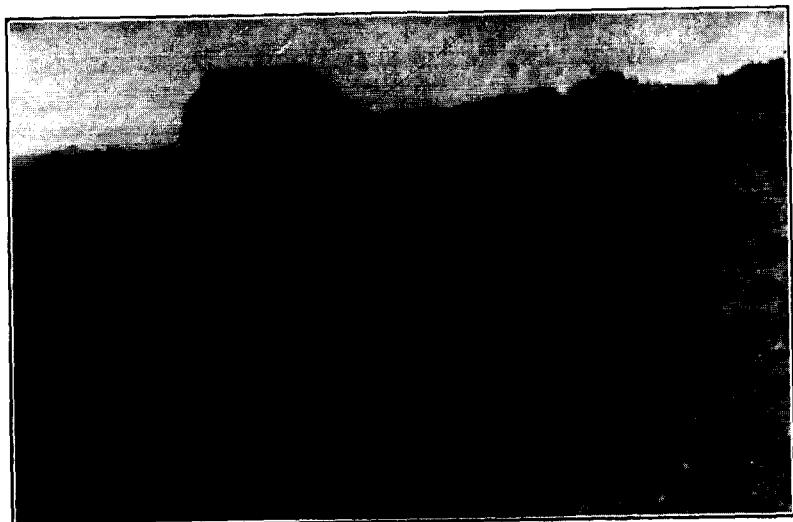
Mucho más interesantes son los afloramientos que se presentan armando en el granito. Merecen entre ellos citarse los de la gran fractura de 17 kilómetros de longitud que siguiendo rumbo medio Este 10° Norte a Oeste 10° Sur, cruza desde la casa Viña de Jácome, próxima al camino viejo de la Virgen, sobre el límite entre pizarras y granito, hasta quedar recubierta a Levante de la huerta del Gato por los estratos horizontales del trías.

Aunque en algunos parajes de la dehesa de Escoriales alcanza este filón 8 a 10 metros de potencia, nosotros sólo evaluamos en dos a tres metros la zona de estructura netamente filoniana inmediata al muro, que presenta una inclinación media de 80 grados al Sureste.

Se ha asignado por varios Ingenieros a esta fractura la gran

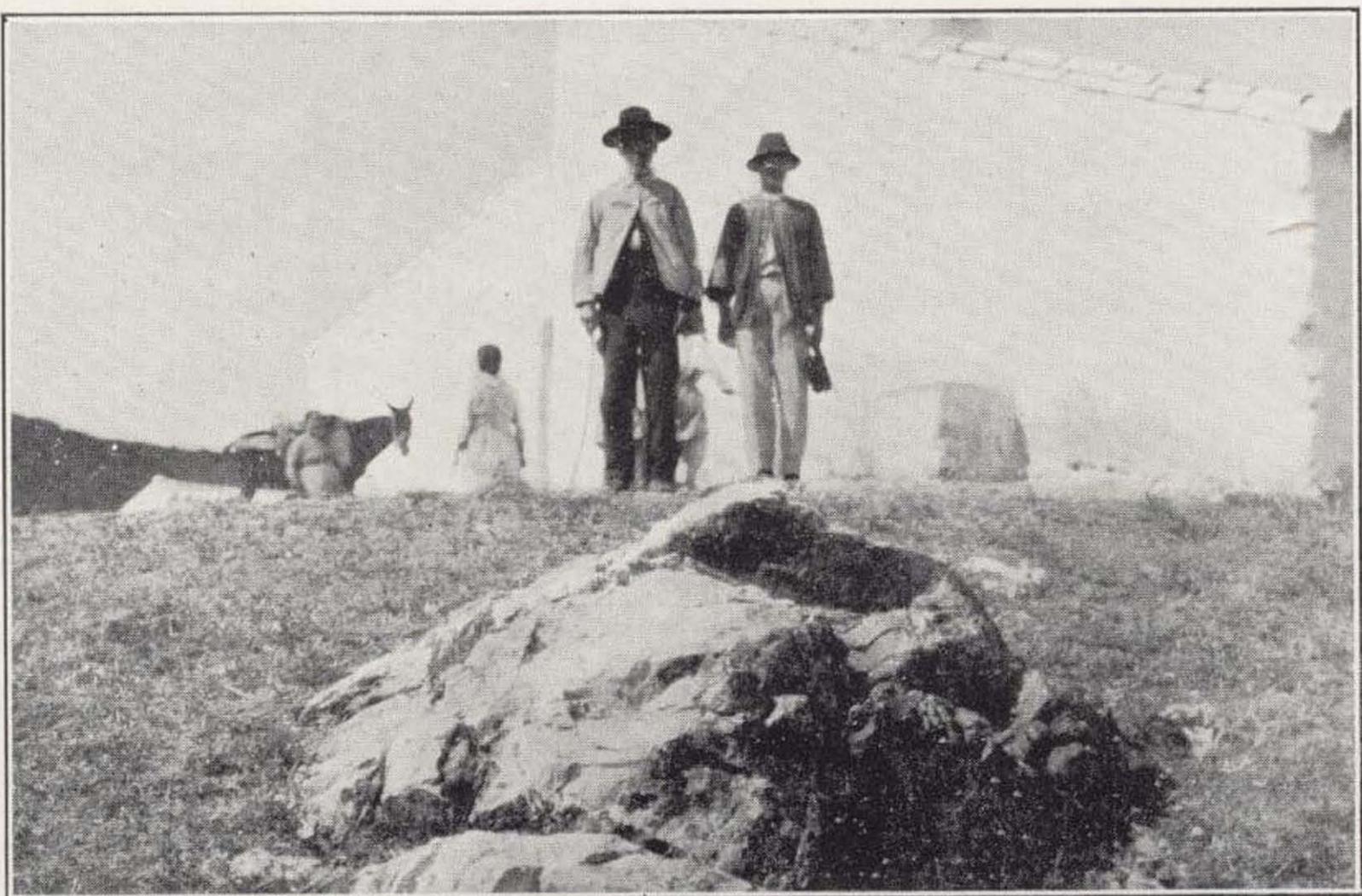


Crestón cuarzoso ferrífero. — Navalasno.



Afloramiento de cuarzo y hematites. — Valhondo.





Crestón cuarzoso ferrífero. — Navalasno.



Afloramiento de cuarzo y hematites. — Valhondo.



longitud que queda consignada; pero nosotros, en dos campañas demasiado rápidas de trabajo en aquella región, no hemos tenido medios suficientes para determinar si la zona occidental de la fractura, más allá de la inflexión del cerro Mosquillilla, presenta en toda su corrida tan importantes afloramientos como la oriental, que tuvimos ocasión de reconocer con gran determinismo.

El granito de la caja, a veces anfibólico, es de dos micas, biotita y muscovita, y presenta marcadísima textura parfiroide, con grandes cristales maclados de orthosa (macetas de Carlsbad y Baveno) de dos a cuatro centímetros generalmente y que alcanzan hasta 10 centímetros excepcionalmente. Esto marca una sensible diferencia con el granito de Linares, más compacto, de textura holocrystalina y sin grandes cristales individualizados, en que domina casi exclusivamente la mica negra y a la orthosa acompaña el microclino.

Según se reconoció con las labores mineras, inundadas por segunda vez hace unos años, el relleno filoniano en la zona central está compuesto por chalcosina, chalcopirita, malaquita y azurita, acompañadas por pirita de hierro y siderosa. A estas menas se suma el cuarzo, blanco o teñido de rojo por los óxidos de hierro, y el granito descompuesto, en que se distinguen granos de cuarzo, orthosa muy kaolinizado, biotita y raramente turmalina. En las zonas próximas a la superficie este granito descompuesto rellena la mayor parte de la fractura filoniana.

En su sector oriental, entre Mosquillilla y Salas de Galiarda, ofrece este filón varios afloramientos y montones de escorias, verosímilmente de época romana, a juzgar por los instrumentos, armas y edificaciones encontradas en los alrededores.

Hace años, una Compañía minera llevó a cabo en la zona central trabajos de investigación y explotación que fracasaron por equivocada y extrañamente inhábil dirección técnica. Con estas labores mineras se encontró a profundidad de 180 metros

una columna metalizada por los hidrocarbonatos de cobre, chalcopirita y algo de chalcosina. Según hemos visto en los planos de la mina, alcanzó esta columna metalizada unos 100 metros de corrida siguiendo la galería; presentan en algunos puntos más de 0,90 metros de chalcopirita y 0,20 como metalización reducida media. Se atribuyó a las menas extraídas una riqueza de 32 por 100 Cu, por abundar en muchos puntos la chalcosina, cuya ley nosotros no podemos afirmar fuera tan elevada, a juzgar por los montones de mineral que aun restan en el taller de preparación mecánica.

Más hacia el Oeste se continuó la galería en estéril o con escasa metalización en unos 120 metros de corrida, entrándose, seguidamente, en labores antiguas. Hasta los 230 metros parece que se comprobó la presencia de labores romanas, conteniendo gran volumen de agua, en cuya vecindad se producían frecuentes hundimientos. Los dos pozos perforados en zona descompuesta, muy mal estudiados y ejecutados, sufrieron, al fin, importantes hundimientos, y por mala dirección técnica hubo de ser temporalmente abandonado este interesante yacimiento.

En la vertiente Oeste del cerro Mosquiliña, desde la cumbre al primer arroyuelo, a través de la Solana de Cerrajeros, se alinean varios afloramientos ferruginosos con dirección media Oeste 18° Sur, que pueden seguirse en más de un kilómetro, y junto al arroyo Horteza de Cerrajeros se observan numerosos montones de escoria cobriza, mezclada con rellenos de naturaleza filonianana. Tanto estos rellenos como una fuente que brota hacia la cota 570, a unos tres metros de altura sobre la margen izquierda del arroyuelo, agotada durante el desagüe de las labores mineras, y que se halla exactamente sobre la alineación de los afloramientos de cuarzo ferrífero, parecen indicio de un antiguo socavón minero de época romana.

Junto a las casas de la mina y en los pozos hundidos son de gran importancia los afloramientos filonianos, y no lejos se

hallan montones de escorias cupríferas. Por el contrario, al Este de las instalaciones, sobre la dirección media teórica del filón explotado en profundidad, no se encuentra ningún afloramiento bien definido en más de un kilómetro de corrida.

Más al Este, en la vertiente occidental de la colina Majada de la Medianería o Las Minillas, destacan crestones de cuarzo ferruginoso, que llegan cambiando algo de rumbo hasta la Cuesta de la Peregrina y se alinean con otros situados en la opuesta vertiente del Pilar del Novillero, depresión donde todo indica la existencia de un transversal de época remota.

Los crestones de cuarzo ferruginoso, rectilíneamente orientados según rumbo Este a Oeste aproximado, y de cinco a siete metros de potencia, unidos entre sí por «rafas» de antiguos trabajos, alcanzan en la citada cuesta más de 200 metros de longitud, y pasada la estrecha barranca, en la opuesta vertiente hacia el Este, una serie de manchas ferruginosas se alinean siguiendo la misma dirección de los crestones de cuarzo. Por último, pasada la huerta del Gato fué explotado un filón «norteado» en que una importante Compañía minera hizo, sin éxito, varias investigaciones que tampoco fueron científicamente proyectadas, mereciendo citarse que se encontró allí galena en pequeña cantidad.

En la comarca suavemente ondulada que se extiende hacia el Norte del santuario de la Virgen de la Cabeza, se presentan armando en el granito otras varias fracturas metalizadas superficialmente. La más interesante, a juzgar por sus afloramientos, dista unos cuatro kilómetros y medio del santuario; su corrida es de varios kilómetros, de los cuales hemos reconocido cuatro kilómetros donde los potentes afloramientos están alineados en recta. Los crestones ferruginosos jalónan la vertiente Sur de una cadena de colinas y por ello son visibles desde larga distancia.

De Oeste a Este los principales afloramientos de este filón

son los siguientes: A un kilómetro a Occidente de la Casa de Navalasno, crestón ferrífero con fragmentos de carbonato de cobre; la dirección de este afloramiento es primero Este 30° Norte; pasa a ser Este 20° Norte durante unos centenares de metros, y vuelve hacia Occidente a tomar rumbo más norteado Este 35° Norte aproximadamente. Desde este afloramiento, en dirección Este, es fácil seguir hasta la casa del cortijo la traza del yacimiento.

Aquí, en el cortijo, y en la vertiente meridional de la pequeña colina, cota 580 metros, donde se asienta el edificio, destacan bellamente los crestones de cuarzo blanco, ligeramente ferruginoso, de cuatro a seis metros de potencia. Siguiendo desde Navalasno en dirección Este 30° Norte, a unos 300 metros de distancia vuelven a presentarse anchos afloramientos de cuarzo ferruginoso con pintas de malaquita, en las Minillas chicas y Minillas grandes, sustituidas a trechos por grandes depresiones del terreno que, según todos los indicios, parecen corresponder a zanjas de labores antiguas.

Marchando al Este queda oculto el yacimiento bajo los matorrales del monte, y en el cerro Los Venados vuelven a aparecer crestones de cuarzo ferruginoso, cerca del collado de La Lastra, cota barométrica 660 metros; estos afloramientos son poco salientes, rodeados en la ladera Sur por grandes terreras con trozos de hematites y algunos fragmentos de malaquita y azurita.

Otros notables crestones de cuarzo ferruginoso aparecen siguiendo dirección Este 22° Norte en el cruce con el camino viejo de Fuencaliente, presentando 10 a 12 metros de potencia. Por último, siguiendo la misma alineación, llegamos junto a la carretera de Puertollano, ladera Suroeste de una colina donde desde la cota 640 a 645 metros se presenta un enorme afloramiento integrado por crestones de cuarzo y una masa de hematites con fragmentos de azurita y malaquita, que verosímil-

mente indican la montera de hierro de una masa sulfurada inferior.

A unas dos leguas hacia el Norte, en el camino de Fuencaliente, se encuentra otra interesante fractura metalizada, que cruza el paraje llamado cerro Gordo con rumbo Noreste magnético. Sus afloramientos están allí formados (ver foto 2) por cuarzo blanco manchado por óxido de hierro y malaquita; son casi verticales de dos metros y medio a tres metros de potencia, mientras que a 500 metros al Suroeste, en un pocillo y pequeño socavar sobre filón, hemos visto bloques de hematites, que abunda también en la vertiente Sur.

Otros muchos afloramientos, diversamente arrumbados y de distintas dimensiones, han sido señalados en la comarca (pizarras paleozoicas del culm y ordoviciense) que se extiende hasta la línea de cumbres de la Sierra Morena, límites de Jaén y Ciudad Real. Entre otros citaremos varios en la dehesa de Montealegre, a orillas del Sardinilla y junto al peñón del Rocallejo.

Para terminar esta rápida e incompleta enumeración, mencionaremos que en la falda de la colina del santuario de la Cabeza se presentan varios potentes diques de hematites que siguen rumbo variable; el mejor definido de estos crestones sigue dirección Este 10° Norte y corta la carretera de la Virgen a unos veinte metros al Sur de la Casa de Marmolejo. Otros pequeños filones de cuarzo se presentan bajo el peñón de Doña Rosa, en la orilla Oeste de un profundo barranco y al bajar del santuario al Jándula siguiendo el camino viejo de Andújar. Su dirección es casi constante al Este 25° Norte en los afloramientos de cuarzo con hematites y algunas menas de cobre que, no lejos del palacio de Lugar Nuevo, cortan el lecho del río Jándula.

III

GÉNESIS DE LOS YACIMIENTOS

Como entre todas las múltiples fracturas superficialmente mineralizadas que en el anterior capítulo quedan citadas y otras muchas, sólo una ha sido objeto de importantes labores mineras (mal proyectadas las modernas y ahora inundadas) hasta poco más de 200 metros de profundidad, y son sólo superficiales las labores de otras pequeñas concesiones, carecemos de datos directos suficientes para formar juicio fundado acerca de la probable génesis de los sulfuros metálicos.

Sin embargo, es evidente la relación genética entre estos filones y los del vecino distrito de Linares, pues sólo 12 a 15 kilómetros separan la extremidad oriental de la banda granítica de la Virgen de la Cabeza, en Zocueca, del borde occidental del islote granítico de Linares, donde arman los filones de plomo de El Correo y Valle de Siles. Además, es muy pequeña en aquel paraje la potencia de la formación miocena que los separa.

Teniendo en cuenta esto y la escasa distancia que separa en Andújar las fracturas filonianas más meridionales de la gran falla del Guadalquivir, así como la dirección dominante en ellos, resulta fundado relacionar su origen con los últimos movimientos hercianos, aunque sin duda las aportaciones metalíferas más recientes deben corresponder a una de las dos épocas metalogénicas, anterior al triás y alpina, diferenciables en el borde de La Laguna y campo filionario de El Centenillo.

Como a más de la vecindad con Linares-Carolina, es un hecho frecuente la asociación de menas de cobre y plomo, se ha encontrado galena en el filón transversal de Huerta del Gato, y por otra parte, es un hecho comprobado que en la

zona superficial del gran filón Pozo-Ancho de Linares se explotaron sulfuros de cobre en tonelaje suficiente para justificar la instalación de una pequeña fundición de cobre, nos parece muy verosímil el parentesco genético de ambas zonas.

En tal hipótesis, es decir, suponiendo las metalizaciones derivadas de un mismo magma intrusivo profundo, sería de esperar encontrar en Andújar la galena bajo los sulfuros de cobre y carbonatos superficiales.

Subsistirían para esta zona los razonamientos y hechos de observación, que en diversos trabajos hemos consignado, atribuyendo el transporte de los sulfuros derivados de dicho magma intrusivo a las aguas termales de circulación profunda en su ciclo ascendente. No creemos indicado reproducir aquí dicha tesis, que ha merecido la aprobación de los ilustres especialistas concurrentes a la excursión A-3 del pasado Congreso Geológico Internacional.

Desde el punto de vista minero, estas ideas, que son en nosotros firme convencimiento, ofrecen el carácter optimista de permitir proyectar el laboreo de las fracturas principales hasta profundidades considerables.

Sin embargo, no conviene perder de vista la circunstancia interesante, de antiguo conocida y últimamente puesta de relieve por D. C. Rubio, de que las metalizaciones derivadas de las grandes intrusiones ígneas que enriquecen nuestra Sierra Morena, varían notablemente de Noreste a Suroeste.

Nosotros hemos recorrido en el eje de la sierra extremo Noreste numerosísimos afloramientos filonianos próximos a El Hoyo y San Lorenzo, que actualmente son objeto de una gigantesca preparación minera emprendida con grandes capitales por la Sociedad de Peñarroya. Estos afloramientos, reconocidos por socavón, presentan mineralizaciones muy complejas: algunos, como el filón «Santos Viejos», ofrece sólo en la superficie un crestón de cuarzo de dos a tres metros de potencia,

que puede seguirse en unos dos kilómetros al Oriente del camino del Chorrillo, siguiendo la dirección Oeste 15° Norte, mientras que el filón «Carmen 2.^a», por ejemplo, casi vertical de 2,50 de potencia y dirección Oeste 10° Norte, presenta junto a la confluencia de los ríos un relleno formado por fragmentos de cuarcita fisurada cruzados no sólo por vetas de galena, sino también de blenda, mispíquel y azorita.

Por el contrario, siguiendo hacia el Suroeste el borde de la meseta Ibérica, encontramos sucesivamente: 1.^o, los yacimientos casi exclusivamente plumbíferos de Linares y La Carolina; 2.^o, los del Norte de Córdoba, en que a la galena acompaña la blenda, dominante a partir de los 300 metros en varias de las más importantes minas y los filones cupríferos del Muriano; 3.^o, los de Sevilla, en que sólo el hierro alcanza importancia acompañado por pequeñas masas de chalcopirita; 4.^o, las grandes masas piríticas de Huelva, con monteras de hierro y óxidos, carbonatos y silicatos de manganeso.

Para no complicar la cuestión prescindimos de hacer notar la variable ley en plata de las galenas y de la presencia de sulfuroseniuros y otros minerales accesorios que diferencian entre sí estos grupos de filones.

Hay, pues, una variación notable en los elementos metálicos esenciales en los rellenos de los distintos distritos filonianos del borde meridional mariánico. Además de corresponder verosímilmente a diferentes grados de erosión regional, creemos que esta diferenciación de rellenos depende íntimamente de la composición primordial del magna intrusivo fundamental, ácido en Jaén y diabásico en Huelva.

Enclavada la región de Andújar entre Linares y Córdoba, muy distante de las rocas básicas, y subordinados sus filones a batolitos del grupo granítico, creemos muy estrecha su relación genética con el citado gran distrito plumbífero.

El interés económico geológico de la zona objeto de esta

nota está realizado por el hecho de hallarse rodeada de importantes distritos metalíferos, no sólo los ya citados vecinos a la gran falla del Guadalquivir, sino también más al Norte, los del centro de la Cordillera Mariánica, provincias de Ciudad Real y Badajoz.

Como sabemos, para yacimientos sulfurados primarios de los metales plomo y cobre, deben encontrarse los sulfuros de cobre más próximos al magna intrusivo de donde proceden, y los de galena primaria, en zonas más elevadas y próximas a la superficie. En esto coinciden las teorías hidrotermales con la nueva teoría de D. J. Hereza, que pudiéramos llamar «de los hidrocarburos».

Limitándonos al caso particular de Andújar, creemos que en aquellos filones han sido importantes las acciones de enriquecimiento secundario, y, por tanto, ateniéndonos a nuestras observaciones de campo, creemos lógico que el orden de sucesión de los sulfuros metálicos secundarios sea el indicado por W. Lindgren como más frecuente, siguiendo la ley de Schürmann. En las fracturas metalíferas del distrito de Andújar esperamos encontrar hidrocarbonatos de cobre, hematites, chalcosina y chalcopirita en los niveles próximos a la superficie, seguidos en profundidad por galena, blenda y sulfuros primarios de cobre y hierro.

NOTA SOBRE LOS DEPÓSITOS

DE

FORAMINÍFEROS TERCIARIOS DE CÓRDOBA

POR

A. CARBONELL T.-F.

Ingeniero de Minas.

NOTA SOBRE LOS DEPÓSITOS

DE

FORAMINÍFEROS TERCIARIOS DE CÓRDOBA

Los restos de foraminíferos en la provincia de Córdoba son abundantes, pudiéndose, gracias a ellos, determinar concretamente las facies y condiciones genéticas de bastantes depósitos, así como su lugar en la cronología geológica.

Las principales especies de foraminíferos halladas en Córdoba se indican en la Guía de la línea tectónica del Guadalquivir, editada expresamente para este Congreso Internacional Geológico.

Los foraminíferos aparecen aquí en estratos muy distintos, siendo abundantes desde el cretáceo, donde los géneros *Globigerina cretacea*, d'Orb.; *Textularia globifera*, Reus., y *Rotalia Beccarii*, Lin., en su conjunto senonenses, así como la *Orbitolina concava*, Lam., tan abundante en el cenomanense, se hallan entre Baena y Doña Mencía, en la carretera que une estos pueblos.

Pero la gran abundancia de los foraminíferos, donde se manifiesta espléndidamente es en el terciario, en el eoceno, oligoceno y mioceno.

El eoceno andaluz es de facies francamente numulítica; materiales del mismo, con la pléthora de su fauna foraminifera fósil, han sido examinados en el itinerario de Córdoba a Cabra, realizado por la excursión que precedió a este Congreso Inter-

nacional, y los antecedentes referentes a tal yacimiento se encuentran en la Guía A-5 del mismo.

Debemos hacer notar aquí la abundancia de la glauconita en los estratos del eoceno, del oligoceno y del mioceno, en los últimos particularmente cuando yacen en la zona central de la campiña andaluza, en demostración de facies bien distinta de la francamente costera, que en este último sistema está determinada en la orla de las calizas helvéticas, que aparecen dispuestas al pie de la Sierra Morena.

Chaves 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 cordobesa, en la región situada al Sur de las tierras negras, alineada desde Torre Paredones, entre Cañete de las Torres y Baena, a Espejo y Santaella, desde donde sigue por el Sur de la campiña de Ecija, ya en la inmediata provincia de Sevilla, definiéndose a sus expensas las mejores tierras de labranza de esta zona del país.

Sábese que el limo abisal de 200 a 1.000 metros es azul, verde, coloreado por la glauconita. Ello nos da una idea para reconstituir las características del estrecho bético en el terciario, para poder avanzar elementos de juicio en el análisis de la fisiografía del valle andaluz en aquellas fechas. El carácter calcáreo de los caparachos y restos conservados nos habla a su vez de depósitos que tuvieron lugar en mares cálidos, no apareciendo foraminíferos de concha francamente silicea en la provincia de Córdoba hasta los que hallamos en la parte superior de las citadas terrazas helvéticas que orlan la Sierra Morena en el escarpe que nos ofrecen hacia el valle del Gua-

dalquivir, de conformidad con el enfriamiento general del tortoniense.

Claramente aparecen aquí las diferenciaciones señaladas entre el terciario inferior y el superior, por lo que hace a la fauna de los foraminíferos. La brusca desaparición o disminución de los *numulitos* y *orbitoides*, entre los últimos de los cuales tenemos el género *Lepidocyclina* de Gümbel, que ha sido reconocido por Douvillé, hijo, en el oligoceno del Cortijo de Once Ollas, en Baena, y por nosotros en el kilómetro 30 de la citada carretera de Córdoba a Espejo, que son reemplazados en su mayor parte por el género *Amphistegina*, cuyos individuos se hallan con bastante abundancia en las calizas helvéticas del pie de la Sierra de Córdoba, de las que hemos hallado ejemplares en el lugar llamado de la Carrera del Caballo y arroyo de Pedroches.

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 Norbético. Por una parte tenemos los hallazgos de Douvillé (DOUVILLÉ ROBERT: *Esquisse Géologique des Préalpes Subbétiques. Partie centrale*.—París, 1906), que encontró lodos de globigerinas en los alrededores de Jaén, al Norte del puente de los Baños de Jabalcuz hasta el Sur de la Peña de Jaén, y en el Cortijo de Once Ollas, al Sur del camino de Baena a Albendín, a unos tres kilómetros al Este de Baena, materiales estos últimos que indican la entrada de los vestigios de tal facies marina en el actual recinto de la provincia de Córdoba; por otro lado, nuevas investigaciones realizadas en la misma, en la zona occidental, nos han permitido hallar más vestigios de lodos de globigerinas fósiles en el término municipal de Santaella, en el límite con el término de Ecija de la colindante provincia de Sevilla, cercanías del cortijo de Turullote. Según las indica-

ciones 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 en que se encuentra el valle o campiña andaluza. 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. Su yacimiento, por tanto, nos permite trazar una nueva área de la fisiografía de la tierra cordobesa en el momento precedente al levantamiento alpino.

Estos restos de foraminíferos y esos 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 batial, 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 tener el mayor atractivo.

Esas sucesiones de elementos afines que se repiten marcan un titilar sucesivo del fondo de la depresión definida desde las primeras fechas del secundario, que por lo que a la Península se refiere, no acaban de integrarla, con su definitiva unión a la tierra firme, hasta el final del terciario.

Los depósitos del mioceno se extienden al Sureste de la línea del Guadalquivir hasta una distancia de unos 25 kilómetros de aquella alineación tectónica. Esta porción miocena aparece apenas dislocada; en cambio, las margas, areniscas y calizas del terciario inferior, adyacentes a ellas, como se ve en el cauce del Guadajoz, están profundamente plegadas. Además de poder apreciar la diferenciación cronológica por tales circunstancias, ya señalamos en lo que precede que los foraminíferos de unos y otros terrenos vienen para esclarecer el problema de las localizaciones.

Particularmente merece una atención especial a este fin el hallazgo de abundantes restos de diatomeas, que han sido estudiados en parte por 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 aun se llegaron a registrar en el citado estrecho Norbético profundidades de unos 4.000 metros, a los que en el día se han reconocido léagmos de diatomeas.

Las investigaciones dirigidas hacia las formaciones posteriores al gran levantamiento alpino en Andalucía hemos indicado que hasta el momento han permitido definir algunos foraminíferos; particularmente merecen a este efecto ser mencionados los siguientes: *Operculina complanata*, d'Orb., y la *Heresostegina costata*, d'Orb., que aparecen de una manera constante en toda la faja de formaciones de areniscas que se hallan al pie de la Sierra Morena, por los términos de Hornachuelos, Posadas, Almodóvar del Río, Córdoba, Villafranca, Adamuz y Montoro.

Aunque, como anota Zittel en su *Paleontología*, se debe considerar a los foraminíferos como menos favorables que los equinodermos y los moluscos para la clasificación de los terrenos,

no cabe dudar que, conocido el yacimiento de aquéllos, en vista de su desarrollo actual y del adelanto de las investigaciones oceanográficas, los depósitos fósiles de tales foraminíferos nos permiten reconstituir los hechos de la fisiografía pretérita de los terrenos en donde los mismos yacen, con las ventajas inherentes a ello; no ya sólo desde el punto de vista de la especulación científica, sino también para numerosas aplicaciones que el porvenir nos brinda.

Este es el caso de la serie de los hallazgos de foraminíferos terciarios en el valle del Guadalquivir, en la provincia de Córdoba, a que nos hemos referido en las líneas que preceden. Gracias a ellos podemos decir que desde el eoceno se acentúa la profundidad de los depósitos que hoy yacen superpuestos, anotándose con arreglo a las teorías tectónicas generales una profundidad cada vez mayor en el seno meridional a la línea del Guadalquivir, que llega a alcanzar las profundidades máximas de unos 4.000 metros en los comienzos del mioceno, cuyos estratos plegados testimonian el gran movimiento tectónico a expensas del cual se elevaron los actuales prealpes Subbéticos o Cordillera Bética. El mioceno medio y el superior, con sus depósitos horizontales o suavemente combados, nos testimonian, a su vez, un período de calma y de emergencia con profundidades cada vez menores en el estrecho Norbético, que queda definitivamente cerrado. Iniciándose, gracias a la emersión continuada hasta el comienzo del cuaternario, por lo menos, la labra del paisaje del valle andaluz, de que en el momento somos testigos.

Es indudable, repetimos, que gracias al auxilio de esos fósiles, los foraminíferos, podemos ir siguiendo la sucesión de los acontecimientos relatados, ya que ellos incluso nos hablan de la profundidad de los lugares en el mar terciario y de los cambios que aquél experimentó.

APLICACIÓN

DEL

ESTUDIO PETROGRÁFICO DE ALGUNOS MATERIALES DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA A LA INTERPRETACIÓN DE LA LÍNEA TECTÓNICA DEL GUADALQUIVIR

POR

A. CARBONELL T.-F.

Ingeniero de Minas.

APLICACIÓN

DEL

ESTUDIO PETROGRÁFICO DE ALGUNOS MATERIALES DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA A LA INTERPRETACIÓN DE LA LÍNEA TECTÓNICA DEL GUADALQUIVIR

Los materiales paleozoicos se hallan situados en la región del valle bético al Norte de la línea tectónica del Guadalquivir. También 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 del 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 que 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 demuestran 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 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 arenas 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 arenas 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 volcanismo cordobés, y en general en los fenómenos de esa categoría acaecidos en el valle bético, con el asomo siliceo anfibólico que aparece representado en el plano geológico unido a la Guía de la línea tectónica del Guadalquivir, confeccionada expresamente para este Congreso, 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 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 Oestesuroeste, 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 alinearon en la dirección de los ejes de la plegadura herciniana, esto es, al Oestenoroeste.

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

anticinal 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 volcanismo en la provincia de Córdoba, y en la región de la Sierra Morena en particular, en múltiples series de asomas, diques y manchas hipogénicas que aparecen cortando los estratos paleozoicos integrantes en este lugar del viejo escudo ibérico propiamente dicho.

Los asomas 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 asomas hipogénicos de la Sierra Morena son postcarboníferos, hercianos 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 asomas 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 recorrer 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 y 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 asomas similares hipogénicos que aparecen en la

zona alta de la sierra, en la penillanura definida claramente en Campo Alto y El Vacar, 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 rojoparduzca 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 linea tectónica del Guadalquivir, editada con motivo de este Congreso, quedan 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 anotar; asimismo el del castillo de Almodóvar, donde apare-

cen 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 nuevo dispositivo que éstos sucesivamente fueron ofreciendo con relación al foco interno, ya que éste parece más alejado al avanzar el tiempo, a juzgar por las coladas endógenas 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 reseña.

NOTA SOBRE

LOS

VERTEBRADOS TERCIARIOS HALLADOS EN CÓRDOBA

POR

A. CARBONELL T. - F.

Ingeniero de Minas.

NOTA SOBRE

LOS

VERTEBRADOS TERCIARIOS HALLADOS EN CÓRDOBA

Aunque no muy numerosos, tampoco faltan los vertebrados terciarios señalados en la provincia de Córdoba. Pasaron sus indicios algo olvidados en la clasificación, ya que la serie de organismos inferiores contenidos en esos depósitos terciarios andaluces arrojan luz más precisa acerca de la cronología geológica de los estratos en que yacen.

Los yacimientos terciarios del valle del Guadalquivir se encuentran dispuestos orlando la Sierra Morena y ampliamente extendidos al Sur, hasta las emergentes moles calizas de los Prealpes Subbéticos, entre cuyas agrestes serranías se disponen también en retazos aislados sus vestigios.

La Sierra Morena ha jugado en toda la edad terciaria un papel pasivo, y otro tanto ocurrió, a partir del mioceno medio, a la sierra meridional del valle bético. En su consecuencia, en aquellos lugares intermedios a que aludimos, en la campiña, es donde la investigación de los vertebrados terciarios pudiera tener efecto, y en confirmación de ello tenemos los hallazgos reconocidos hasta el día.

Noticias acerca de tales hallazgos aparecen consignadas en el tomo correspondiente a la Guía de la línea tectónica del

Guadalquivir, editado expresamente para este Congreso Internacional Geológico. A la vista de la misma nos limitaremos a agregar a aquel material el más interesante y nuevo para nuestro objeto o a comentar el allí contenido.

* * *

Peces. — Hemos indicado que la serie de restos dentarios de los mismos es grande en toda la orla que las calizas mioceñas helvéticas definen a lo largo del escarpe de la Sierra Morena al valle del Guadalquivir. Particularmente merecen citarse:

Oxirina plicatilis, Ag.

Otodus.

Odontaspis.

Charcrodon Megalodon, Ag.

Entre otros sitios en que esos yacimientos fueron notables, señalaremos las estribaciones de la Sierrezuela, en Posadas; Fuenreal, en Almodóvar del Río; las Cuevas Altas y Cuevas Bajas; canteras de la Gorgoja, de los tiempos del califato cordobés, cuyos materiales se emplearon en la construcción del palacio de recreo de Almanzor, en Alhamirilla; canteras de la Albaida, de la Arruzafa y del Brillante; Palacios de la Galiana; inmediaciones del puente Mocho, en la carretera de Alcolea al Pantano del Guadalmellato; terrazas miocenas de Ribera, parajes todos estos del término municipal de Córdoba.

Restos de esqueletos de peces se han hallado en las Albarizas, en las cercanías de la carretera de Córdoba a Almadén, kilómetro 9 de la misma, en las trincheras que en esa vía se ofrecen. Son elementos de difícil clasificación. Acaso pudieran pertenecer a una *Solea vulgaris*.

Tal puede ser, en parte, el origen de los fosfatos terreos que se hallan en esas calizas arenosas del mioceno, de facies marcadamente costera, en el término municipal de Hornachue-

los, lugares llamados Carrera Llana, Dehesa de los Arenales, Arroyo de los Marmolejos y otros; ya por encontrarse en igual caso y dispositivo a los depósitos análogos citados en las Albarizas, ya también por la abundancia de los elementos dentarios de las especies citadas.

Un paladar de vivos colores de *Myliobatis tolia picus*, Ag., se ha reconocido en el cruce del canal del pantano del Guadalmellato con el arroyo del Tamújar, cerca de la estación prehistórica allá situada, en las inmediaciones de la misma. Señalaremos aquí que en esa faja miocena adosada como orla a la Sierra Morena, en la prolongación de la misma por la provincia de Huelva, se ha encontrado recientemente otro ejemplar igual al que nos interesa (VARGAS (ENRIQUE), etc.: «Estudio geológico minero de la zona de contacto de los terrenos antiguos con los secundarios, terciarios y cuaternarios de la provincia de Huelva», etc. *Boletín Oficial de Minas y Metallurgia* del Ministerio de Fomento. — Madrid, octubre de 1925), que es el tercero hallado en España, pues el primero fué encontrado en Tarragona en los isleos miocenos de Villaseca, al Sur de Villaseca, en la vía férrea de Valencia, clasificado como *Myliobatis lateralis*, Ag.; y otro ejemplar de *Myliobatis*, por último, fué encontrado por el Sr. Gómez Llueca en el mioceno marino de Muro (Mallorca). Restos más dudosos se han indicado también en la mancha miocena de Lorca y en Alicante, acaso correspondientes estos últimos a un *Sphaerodus*.

Si comparamos el lugar de estos yacimientos con los de los mismos géneros que cita Zittel (ZITTEL (KARL A.): *Traité de Paléontologie*. — París, 1893. Tomo III, pags. 98 y 99), parece ser que los *Myliobatis*, Cuv., del eoceno de Inglaterra, que se señalan en el oligoceno de Alemania y Bélgica perseverando desde la época anterior, siguen en el mioceno en la cuenca de Viena, en Italia y en España, según lo indicado precedentemente, en tanto que en el plioceno sus vestigios se

concretan a Carolina del Sur. Es decir, como si el desplazamiento de la familia se definiera hacia el Ecuador a medida que avanzan los tiempos terciarios. Recordemos, al efecto, que se trata de especies propias de los mares cálidos y templados; los representantes actuales se hallan en el Mediterráneo y en el Atlántico: *M. aquila*, Cuv., y *M. bovina*, Geoffr., adaptados generalmente a grandes profundidades.

De todo ello deducimos condiciones de vida para el mar helvético que se extendía por el actual valle del Guadalquivir, afines a las determinadas por la vida de los seres más sencillos cuyos restos nos son bien conocidos.

A tal efecto he de hacer aquí constar, por ser un hallazgo no dado a la publicación, que en la misma serie de bancos arenosos y calcáreoarenosos en que se ha reconocido el *Myliobatis* citado, he hallado en las Canteras del Brillante, a poco más de un kilómetro al Norte de la población de Córdoba, un excelente ejemplar de *Cancer pagurus*, L., o una especie muy afín.

* * *

Anfibios y reptiles.—Sólo algún elemento dentario incompleto acaso pudiera relacionarse con ellos. Recientemente, en el término municipal de Montalbán y lugar que llaman La Alameda, esto es, en plena campiña andaluza, se han hallado restos correspondientes a un *Halitherium*. Los elementos de juicio hasta el momento son tan sólo costillas y vértebras que ofrecen una estructura sumamente compacta, próxima al marfil, y gran peso, como corresponde a los sirénidos. Otros hechos que nos hacen pensar así son la sección de las vértebras, casi triangular, comprimidas lateralmente, carenadas por abajo, así como la ausencia de perforaciones en las que tenemos, que deben corresponder a vértebras del atlas, con apófisis cónicas.

Los restos de Montalbán pudieran corresponder a una especie de *Halitherium schinzi*, Kaup., sirénido del mioceno-inferior de Alzey (Alemania). Según A. Gaudry, esta fauna debe considerarse como análoga a la de Sansan (Gars) y a la de Eibiswald (Estiria), que según Depéret deben ser helvéticas. De conformidad todo ello con la clasificación de la mayor parte de los depósitos del mioceno andaluz, que deben incluirse en el helvético.

Estos sirénidos determinan una facies marina acorde con los demás hechos observados en España y con la serie de las cadizas arenosas que asoman en la orla de Sierra Morena, en Monturque, Montilla y en Cañete de las Torres, en el Cortijo de Verbis, en la Peña del Pájaro. Los materiales donde aquellos restos yacen pudieran mostrarse como tránsitos del helvético al tortoniense.

Parece ser, según las observaciones de Depéret (DEPÉRET (E.): *Sur la classification et le paralelisme du système Miocene*.—París, 1893), que una fauna fría se presenta por el estrecho bético, en el tortoniense, fauna que contrasta con la anterior helvética. Por lo demás, revisando los hallazgos análogos a éste de Montalbán que se han indicado en España, tenemos que en Cataluña el *Halitherium fossile*, Cuv., se encuentra entre el burdigaliense y el tortoniense, en el helvético, según Almera; restos de *Halitherium* también se han indicado en Granada en las inmediaciones de Restabal y Talará.

Dadas las características del mioceno en Andalucía, bueno es recordar aquí que no hay duda de que al mismo precedió el levantamiento alpinohimalayo en España, en esta porción de nuestro suelo, al menos en su fase más intensa. Al par que en el tortoniense, que aparece con sus estratos horizontales, es el momento en que el mayor levantamiento de los Alpes tiene efecto.

Los estratos horizontales del helvético en la Sierra Morena parecen demostrar una gran tranquilidad en tal período; sin embargo, este hecho aislado no es suficiente para enjuiciar, ya que los tales depósitos en la margen derecha del río Guadalquivir yacen sobre los estratos de esa mole de la Sierra Morena, que por ser un elemento doveliano sólo experimentó movimientos positivos o negativos. Pero ya en la campiña andaluza, así como los depósitos del eoceno y del oligoceno se encuentran fuertemente plegados, los miocenos se ofrecen con suaves combaduras, lo que nos habla de acciones poco intensas en relación con las inmediatas que quedaron patentes en los Prealpes Subbéticos y en los cerros de la Sierra de Montilla, de la Torre Paredones y de Espejo.

Las formaciones miocenas son neríticas en el valle del Guadalquivir, caracterizadas en el helvético por una abundante fauna de *Clypeaster* y numerosos moluscos. Los materiales pliocenos, si como tales pueden ser consideradas las arenas cuajadas de Bujalance, después de los hallazgos de Douvillé en Jaén, aparecen en los altos de las moles de las margas azuladas, donde quedó patente un colossal levantamiento al finalizar el terciario.

El hallazgo de este sirénido permite aportar más antecedentes al material ya cuantioso que poseemos para juzgar de los accidentes ocurridos en el valle del Guadalquivir durante el terciario. Como hemos dicho los elementos de juicio a nuestro alcance nos permiten sospechar que nos hallamos ante el *Halitherium Schinzi*, Kaup., si bien las costillas que aquí se han encontrado son algo mayores que las de esa especie.

Teniendo en cuenta que los sirénidos actuales (*Manatus* y *Halicore*) habitan los mares tropicales y suben por los ríos, si bien el género desaparecido *Rhytina* habitaba, por el contrario, el Estrecho de Behring y Alaska; teniendo en cuenta que los representantes fósiles de ese género son, al parecer, mu-

cho más abundantes que los actuales; que los restos de los desaparecidos se encuentran en los depósitos marinos y fluvio-marinos de la época terciaria, este vestigio de un *Halitherium* puede representar en el valle del Guadalquivir, puede ser en los vestigios fósiles, el precursor de la fauna fría del tortonense, de acuerdo con los antecedentes e investigaciones de Depéret.

* * *

Aves y mamíferos. — Las circunstancias son poco apropiadas, según lo anterior, para que se conservaran en la tierra cordobesa los restos de aves y mamíferos del terciario. Al par que por la campiña andaluza se extendía hasta el final del terciario un amplio brazo marino, la Sierra Morena y la Sierra del Sur: los Prealpes Subbéticos, quedaban expuestos a los efectos de la erosión, que en tanto que en la primera avanzaba hacia un estado de penillanura, en la segunda hallaba líneas y perfiles adustos y novísimos donde ejercer su activa influencia.

Las brechas óseas halladas en las cercanías de Cabra se han clasificado en el cuaternario. Otro tanto sucede con los restos de esa naturaleza que, alojados en las cavidades de las calizas carboníferas y devonianas, se han reconocido en Santa Eufemia, en Bélmez y Espiel. Sobre ellos remitimos a la Guía de la línea tectónica del Guadalquivir.

Una vértebra cervical que he hallado en los derrubios que ocultan el carbonífero de la cuenca de Bélmez, en la mina «Cabeza de Vaca», en la cantera de rellenos que quedaba inmediata a la fatídica balanza del Oeste, bajo la cual tuvo lugar la última explosión de grisú, la estimé como perteneciente a un *Elephas* cuaternario; pero en opinión de Hernández-Pacheco (Eduardo), acaso sea más antigua y correspondiente a un precursor de ese mamífero.

Los restos de aves que he encontrado en los vaciaderos de las antiguas minas de fosforita de Espiel, así como los hallados en las canteras de caliza carbonífera de la Parrilla, en el término de Fuenteovejuna, y en la Mesa de los Escalones, al Norte de Córdoba, corresponden a individuos del cuaternario.

NOTA SOBRE

LOS

**YACIMIENTOS DE "ARCHEOCYATHIDOS"
DE LA SIERRA DE CÓRDOBA Y DEDUCCIÓN
PARA EL ANÁLISIS TECTÓNICO**

POR

A. CARBONELL T.-F.

Ingeniero de Minas.

NOTA SOBRE
LOS

YACIMIENTOS DE «ARCHEOCYATHIDOS»
DE LA SIERRA DE CÓRDOBA Y DEDUC-
CIÓN PARA EL ANÁLISIS TECTÓNICO

Los yacimientos de *archeocyathidos* citados hasta el momento en la Sierra Morena son el de El Pedroso, en Campayar, donde sólo se ha reconocido un ejemplar de aquellos arcaicos seres (MACPHERSON (J.): «Noticia sobre el *Archaeocyatus marianus*». *Anal. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, t. IX, 1880. Actas, p. 8. ROEMER (F.): «*Archaeocyathus marianus*». *Zeitschf. Deut. Geol. Ges.*, XXX, 1978. — Anales de la Sociedad Geológica alemana. El lugar que señala es Campayar, Ribera de Huesna, zona de El Pedroso, Cazalla de la Sierra y Guadalcanal) y el más importante de estos curiosos fósiles, que 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, págs. 76 a 84. — HERNÁNDEZ PACHECO (EDUARDO): «Les Archaeocyathidae de la Sierra de Córdoba (Espagne)». *Comp. Rend. Acad. des Scien.*, t. 166, página 691. París, 1918.)

En este último lugar Hernández-Pacheco ha señalado como puntos donde el hallazgo de este vestigio de la primera vida

es relativamente fácil el Rodadero de los Lobos y el Cerro de las Ermitas. Ese mismo geólogo nos ha indicado que ha reconocido más restos de *archeocyathidos* en la llamada Cuesta de la Traición; es decir, en otra cañada sita al Este de las Ermitas, que como todas sus similares desciende rápidamente hacia la llanura en que se asienta Córdoba.

El yacimiento fosilífero del Cerro de las Ermitas se prolonga al Noreste, llegando hasta la casa de Lo Pardo y aun rebasándola; lo que demuestra que en una anchura de más de dos kilómetros, en el expresado sentido, no faltan los restos bien conservados.

La serie de las calizas de los *archeocyathidos* de la Sierra de Córdoba queda cortada al Este en la Cañada de la Monja, prolongándose, por el contrario, extensamente al Oeste de las Ermitas, habiéndose recogido ejemplares de esos fósiles en El Hornillo, carretera de Córdoba a Santa María de Trassierra, en la misma divisoria del Guadalquivir y del Guadiato. Al Norte de ese paraje, en el Caño de Escarabita, lagar del mismo nombre, a unos dos kilómetros al Norte de El Hornillo, he encontrado otros ejemplares de los mismos fósiles.

Se determina así en la Sierra de Córdoba una amplia zona cambriana fosilífera, limitada al Norte por el conjunto estratocristalino precámbrico e hipogénico de la Sierra de los Santos y al Sur por las series del culm y del dinantiense de los alrededores de Córdoba. Esa faja, fosilífera en los lugares anotados, queda limitada al Mediodía por el escarpe que el macizo superior, más elevado, emergente, de la Sierra de Córdoba, ofrece hacia la campiña cordobesa.

Las rocas que definen el emplazamiento de los yacimientos de *archeocyathidos* son las calizas azuladas, *jabalunas*, llamadas así por los naturales, por derivación de *jaba*, resto folklórico de la aspiración arábiga de la *h* de *haba*, forma la de este vegetal a que tienden las secciones de los restos fosilíferos espa-

tizados que yacen en tales calizas; que ya son vestigios de *crinoides* en las carboníferas, ya de *poliperos* en ellas y en las devonianas, ya de *archeacyathidos* en las cámbicas que ahora estudiamos. Con las calizas alternan las pizarras verdosas, sueltas, pálidas, o moradas, de tonalidad de heces de vino; alternancias demostrativas del titilar de un fondo en relación con el gran depósito de *archeocyathidos*.

Ese conjunto pétreo sigue desde los lugares indicados, casi paralelamente al Guadalquivir al principio, a cortar los ríos Guadiato y Guadiatillo por las mesas de Almodóvar del Río; define notables crestas calizas gris azuladas en las márgenes del río Guadaluacarejo, penetrando en la extensa dehesa de la Aljabara, del término municipal de Hornachuelos, donde las mismas rocas determinan las agrestes crestas del Risquillo.

Sigue el cámbico así representado a cruzar el río Nevalo, y en las mesas del Bembezár, también constituidas a expensas de sus calizas, son notables los yacimientos plumbocincíferos allá encajados. Quedando tajadas esas rocas por el río Bembezár, gracias a lo cual las plegaduras de sus bancos pueden seguirse con detalle en la hoz, que al cruzar esa faja cambriana quedaron a la vista en las márgenes de la corriente.

Al Oeste del río Bembezár continúan los retazos calizos, aflorando al Norte de la aldea de San Calixto, por los solitarios parajes que corta sinuoso el arroyo de Tres Mojones o de la Baja, penetrando la formación cambriana en la provincia de Sevilla y siguiendo por San Nicolás del Puerto y Alanís a Guadalcanal.

Se prolonga, pues, esta faja de la serie cámbica en unos 100 kilómetros de extensión como mínimo, estando reconocidos los fósiles característicos en los dos extremos citados, habiéndose observado, igualmente, algún indicio de los *archeocyathidos* en las mesas del Bembezár, esto es, hacia su re-

gión central, y esperándose que ese número de yacimientos que sobre la misma ya existen se vea sucesivamente aumentando con nuevos reconocimientos del terreno.

Es del mayor interés hacer consignar que el rumbo que siguen estos depósitos pétreos, y, por tanto, el arrumbamiento de la faja indicada, habida en cuenta los hitos extremos, resulta ser de Oeste 15° Norte, ofreciéndose en una anchura de dos a tres kilómetros.

La mancha geológica así definida aparece a veces seccionada y rota por las corrientes superficiales, que al denudar la región superior dejaron los estratos al descubierto. Lo más interesante que ofrece ese arrumbamiento es que su alineación interfiere algo el rumbo Oeste 30° Norte de los sinclinales hercianos de la región, cortando al efecto en sus arrumbamientos ideales a los ejes determinados por los retazos o manchas carboníferas de Alanís y Guadalcanal, de Valdeinfieros; de los Hatillos y de Bélmez.

Como se ha dicho, queda al Este cortada inopinadamente esa faja cambriana por la línea tectónica del Guadalquivir. Sin embargo, si se tiene en cuenta que en los asomos del paleozoico de Cerdeña han sido descubiertos algunos de los *archeo-cyathidos* que conocemos, pudiéramos creer que en la relación de los yacimientos de esos fósiles de la Sierra de Córdoba y de la Sierra Morena en general con esos de Cerdeña, pudiera hallarse el indicio de relaciones pretéritas entre aquellos depósitos y este último que nos permitan idear los dispositivos geográficos en las fechas del paleozoico inferior y asimismo aportar nuevos indicios acerca de los hechos tectónicos ocurridos con posterioridad, descubriendonos, en consecuencia, más horizontes para el análisis de la geología del Mediterráneo. Bueno es recordar, a este efecto, que las manifestaciones de los yacimientos metalíferos de cinc y de plomo de esa isla y las de las sierras de Córdoba, Hornachuelos y Alanís,

permitirán acentuar las orientaciones de ese estudio en el sentido anotado.

Al Oeste, la faja cámbrica de la Sierra Morena, tan claramente determinada por el gran yacimiento fosilífero de la Sierra de Córdoba, puede ser comparada con positivos resultados con la serie de formaciones antiguas que los Geólogos españoles y portugueses han estudiado en la porción Sureste de la Península Ibérica. Debido a los asomos hipogénicos de considerable extensión de Fregenal y Fuente de Cántos, así como al definido en Evora, es posible que se establecieran en la prolongación de la mancha cámbrica soluciones de continuidad; sin embargo, los asomos calizos que he indicado al Sur de la Ribera del Múrtiga, en la Contienda de Moura, pudieran en el porvenir determinarnos algún indicio en relación con los asomos que nos ocuparon. Conviene recordar, al efecto, la serie de yacimientos cupríferos señalados allí en la raya de Portugal.

NOTA SOBRE

UN

**YACIMIENTO DE FÓSILES VERTEBRADOS
EN EL PLIOCENO DE LA PROVINCIA
DE LOGROÑO**

POR

E. CARVAJAL

Ingeniero de Minas.

NOTA SOBRE

UN

YACIMIENTO DE FÓSILES VERTEBRADOS EN EL PLIOCENO
DE LA PROVINCIA DE LOGROÑO

Escasos, por no decir nulos, son los estudios publicados hasta ahora sobre el plioceno español, y desde luego podemos asegurar ser ésta la primera nota sobre fósiles vertebrados encontrados en nuestra península pertenecientes a aquella edad geológica.

Entre los antecedentes consultados, únicamente encontramos en el *Boletín de la Sociedad Geológica de Francia*, años 1852 a 1853, un trabajo titulado: «Description des ossements fossiles de mammifères rapportés d'Espagne» par M. M. de Verneuil, Colomb et de Lorière», en el que M. Paul Gervais hace referencia de distintos restos fósiles encontrados en Concud (Teruel), Alcoy (Alicante) y San Isidro (Madrid), clasificándolos como pertenecientes al mioceno lacustre, sin precisar ni extenderse en consideraciones sobre el particular. Entre las especies citadas procedentes de Alcoy incluye el *Hipparium* y un antílope, al que titula «Antilope Boodon».

Diferentes estudios llevados a cabo posteriormente en el extranjero, y muy especialmente los efectuados por el sabio Profesor de la Facultad de Ciencias de Lyon M. Charles Depéret, nos han permitido orientarnos y efectuar una clasifica-

ción completa y precisa de los fósiles descubiertos por nosotros en la provincia de Logroño, objeto de la presente nota, estableciendo una analogía completa entre esta fauna y la estudiada por M. Depéret en Perpiñan.

La provincia de Logroño está estudiada geológicamente de forma muy incompleta, no existiendo más estudios que la Memoria de D. Rafael Sánchez Lozano, publicada por el Instituto Geológico el año 1892, y los estudios particulares inéditos que tenemos hechos sobre los yacimientos de plomo argentífero de Mansilla de la Sierra, los de hierro de Ezcaray y los de hulla de Préjano, Turruncún, y Villarroya.

El concepto que tenemos de cuál debe ser la índole de trabajos que, como el presente, han de ser sometidos a un Congreso, es que han de ser breves y concisos, por lo que, dejando de consignar detalles interesantes referentes a la geología de la referida provincia, detalles a cuyo conocimiento hemos llegado por nuestros trabajos allí realizados durante varios años, nos limitaremos a tratar del punto consignado en el título que encabeza esta nota.

En el referido estudio del Sr. Sánchez Lozano, base, como es natural, de todos los estudios que posteriormente se hagan, no se diferencia el plioceno, pasando en la descripción general del mioceno a la serie cuaternaria. Hay que advertir, no obstante, que las reducidas dimensiones del manchón plioceno que nos ocupa y su apartamiento de vías de comunicación, hace muy fácil que pueda pasar inadvertido aun para los muy acostumbrados a este género de descubrimientos.

El manchón plioceno estudiado, de una extensión aproximada de seis kilómetros de longitud por 1,5 de ancho, está situado en una zona muy trastornada, de lo que da idea el corte geológico que acompaña.

Comienza la formación pliocena con unos bancos de areniscas muy descompuestas, amarillentas, casi horizontales, que

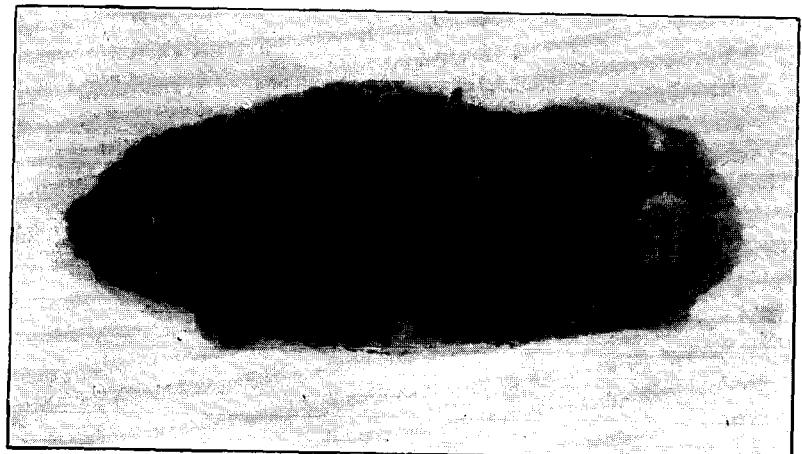


Fig. I.

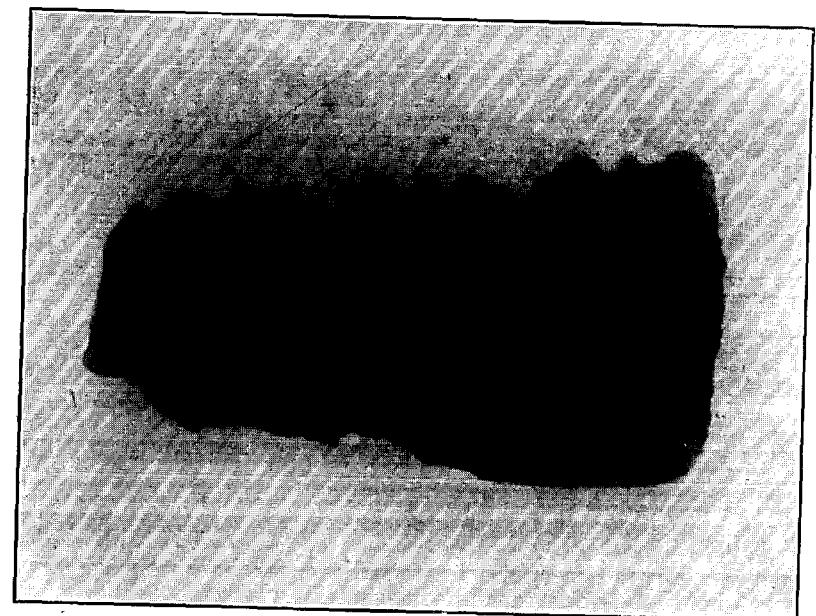


Fig. II.



Fig. I.



Fig. II.



Fig. III.

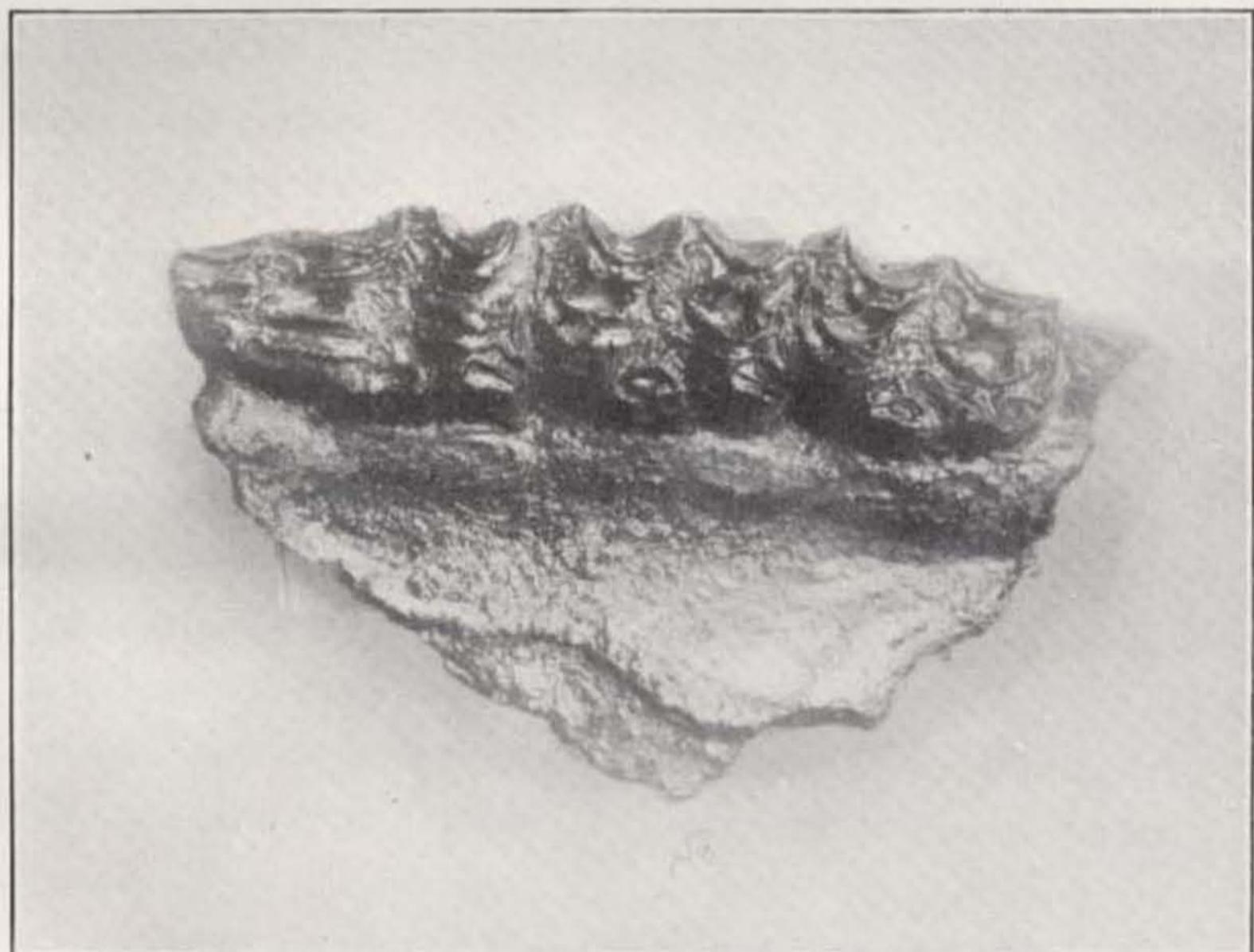


Fig. IV.

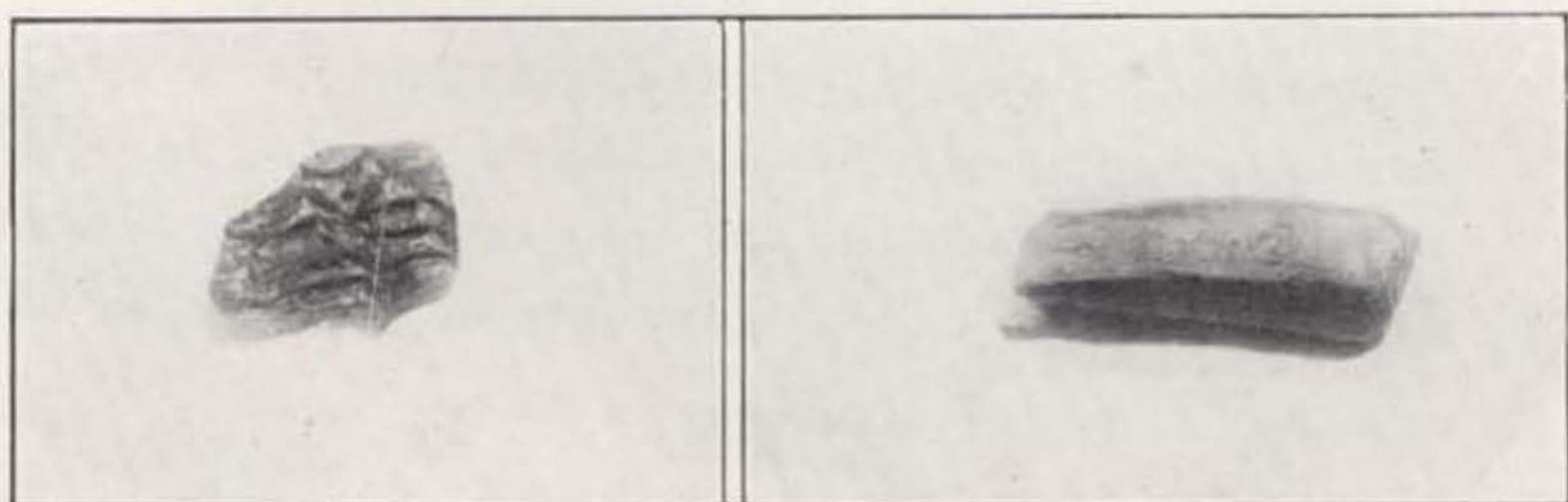


Fig. V.

Fig. VI.

se apoyan en discordancia sobre las calizas vealdenses; sobre estas areniscas alternan bancos de conglomerados formados de elementos finos, de poca potencia, 50 a 60 centímetros, y otros de areniscas rojas bastante duras y de potencias variando entre los dos y tres metros. En uno de estos bancos de arenisca, duro y perfectamente limitado por dos de conglomerado, uno que sirve de piso y otro de techo, se encuentra el yacimiento de fósiles a que nos referimos, cuya extensión es limitada, no excediendo la zona fosilífera de unos 30 metros de longitud por 10 a 12 de anchura.

Tanto en la parte Norte como en la Este del manchón plioceno es difícil la determinación exacta de sus límites por encontrarse la formación muy cubierta con terrenos de labor y bosques. No obstante, por el Norte parece apoyarse en el cordón triásico que desde Turruncún corre hacia el Este pasando por el Norte de Grávalos, y por el Este se apoya en las calizas vealdenses.

Como puede verse en el adjunto corte, que, trazado de Sur a Norte, pasa por el pueblo de Villarroya, la zona en cuestión se encuentra muy influenciada por diferentes asomos de rocas eruptivas que en la parte Norte han elevado las calizas triásicas produciendo la rotura del pliegue isoclinal que sobre dichas calizas debieron formar los estratos miocenos.

Entendimos de interés efectuar el estudio microscópico de esta roca, sobre todo al objeto de determinar la época de su erupción.

Su color es de vino con grandes manchas claras, textura ofítica más bien brechiforme, el grano es fino, estando formada la trama característica de la textura ofítica por pequeños cristales de feldespato calcosódico, tipo labrador, con pequeños trozos de augita. Muy cargada de óxido de hierro, pudimos desde luego clasificarla como una diabasa ofítica cuya erupción fué moderna, posterior desde luego a las calizas triásicas.

que aparecen en las muestras de contacto disueltas en la masa de la roca eruptiva.

Muy interesante es también en esta zona el estudio de la falla más próxima al Norte de Villarroya, que pone al descubierto el estafeniense. Esta falla corre de Arnedillo a Fitero, ambos puntos con manantiales de idéntica composición en sus aguas, y sigue una dirección paralela a los afloramientos de las capas de hulla.

Punto que merece especial estudio es la determinación exacta de los terrenos que aparecen en el plano que adjuntamos como miocenos, sin que verdaderamente, y por falta de un estudio moderno de los mismos, podamos asegurar ser exacta esa clasificación. La falta de fósiles y la coincidencia en la composición y alternancia de los estratos con los terrenos miocenos de otros lugares de la Península, han hecho que como tales se clasifiquen; entendemos, no obstante, que esta clasificación no se funda en bases muy sólidas. Recientemente, el distinguido Geólogo, Profesor de la Facultad de Ciencias de Madrid, Sr. Royo Gómez, ha recibido unos *petrinites* procedentes de Arnedillo, que arrojan alguna luz sobre el particular; pero insistimos en la conveniencia de un estudio completo, justificado por la gran extensión de la zona supuesta miocena que ocupa toda la parte Norte de la provincia de Logroño regada por el Ebro.

Circunscribiéndonos al manchón plioceno objeto de nuestro estudio, trataremos de fijar los elementos de juicio de que nos valemos para establecer la clasificación del nivel geológico en que aparecen nuestros fósiles.

En el período plioceno se encuentran dos faunas de mamíferos terrestres, muy características: una, la fauna pliocena antigua, que corresponde al plioceno inferior o «placentino» y al medio o «astiense», y otra, que corresponde al superior o «siciliano».

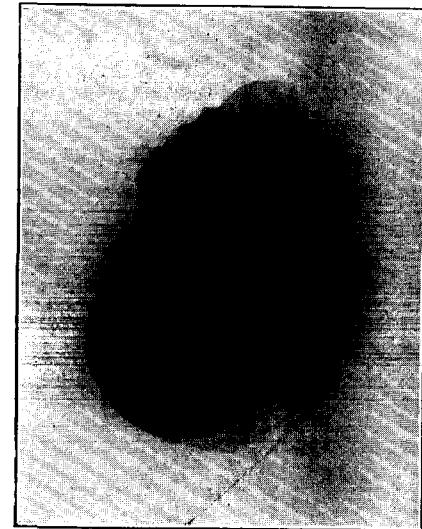


Fig. VII.



Fig. VIII.

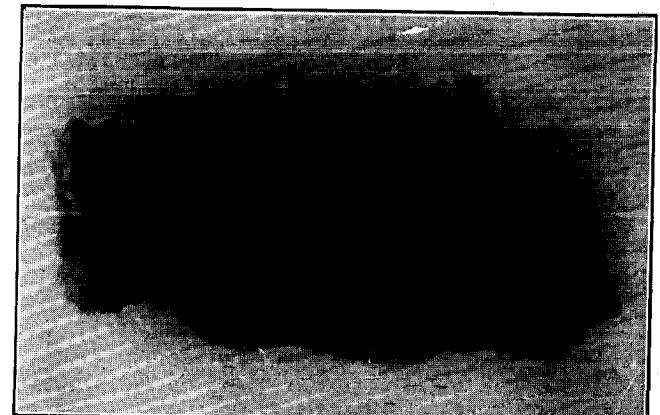


Fig. IX.



Fig. VII.

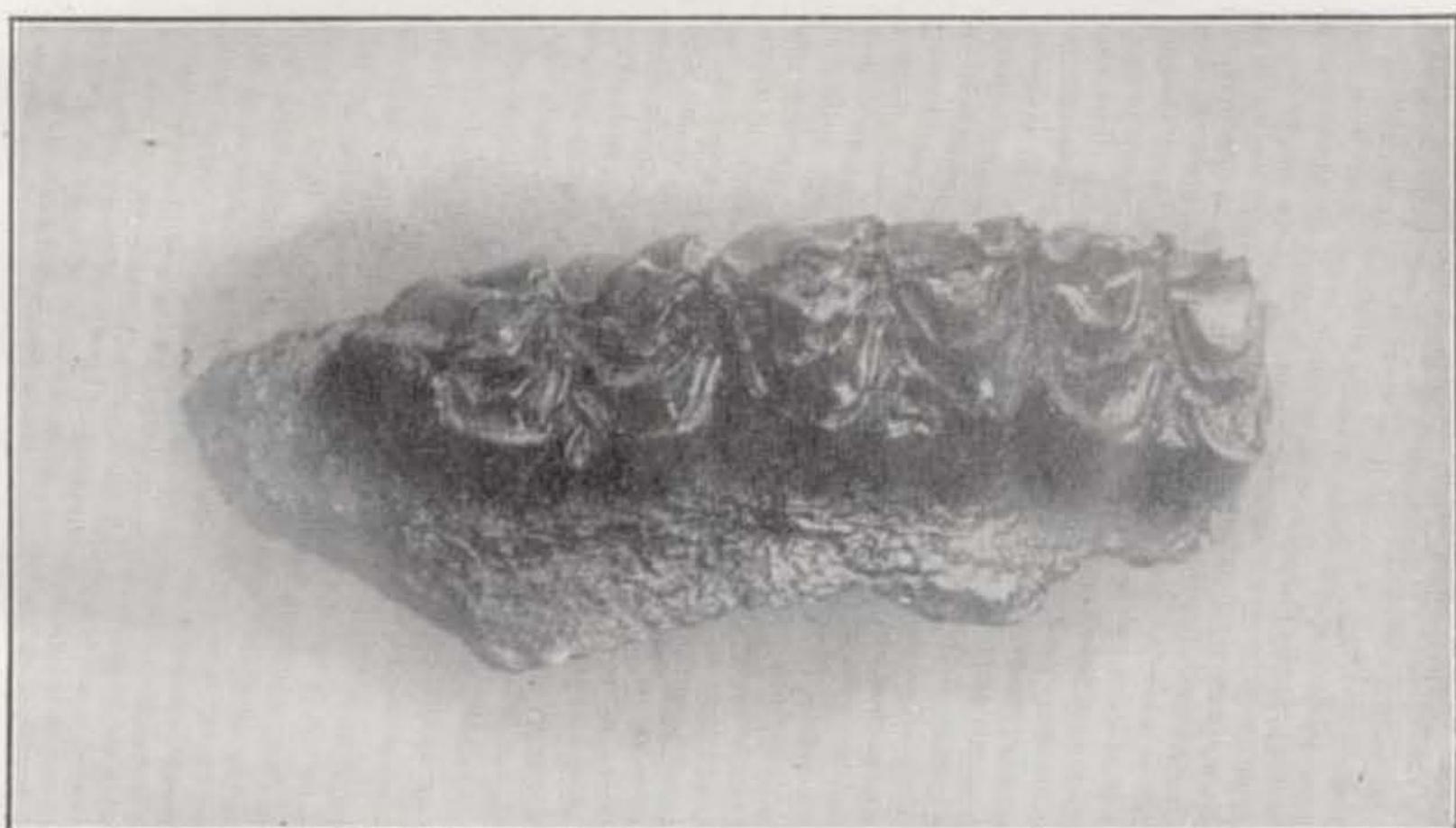


Fig. VIII.

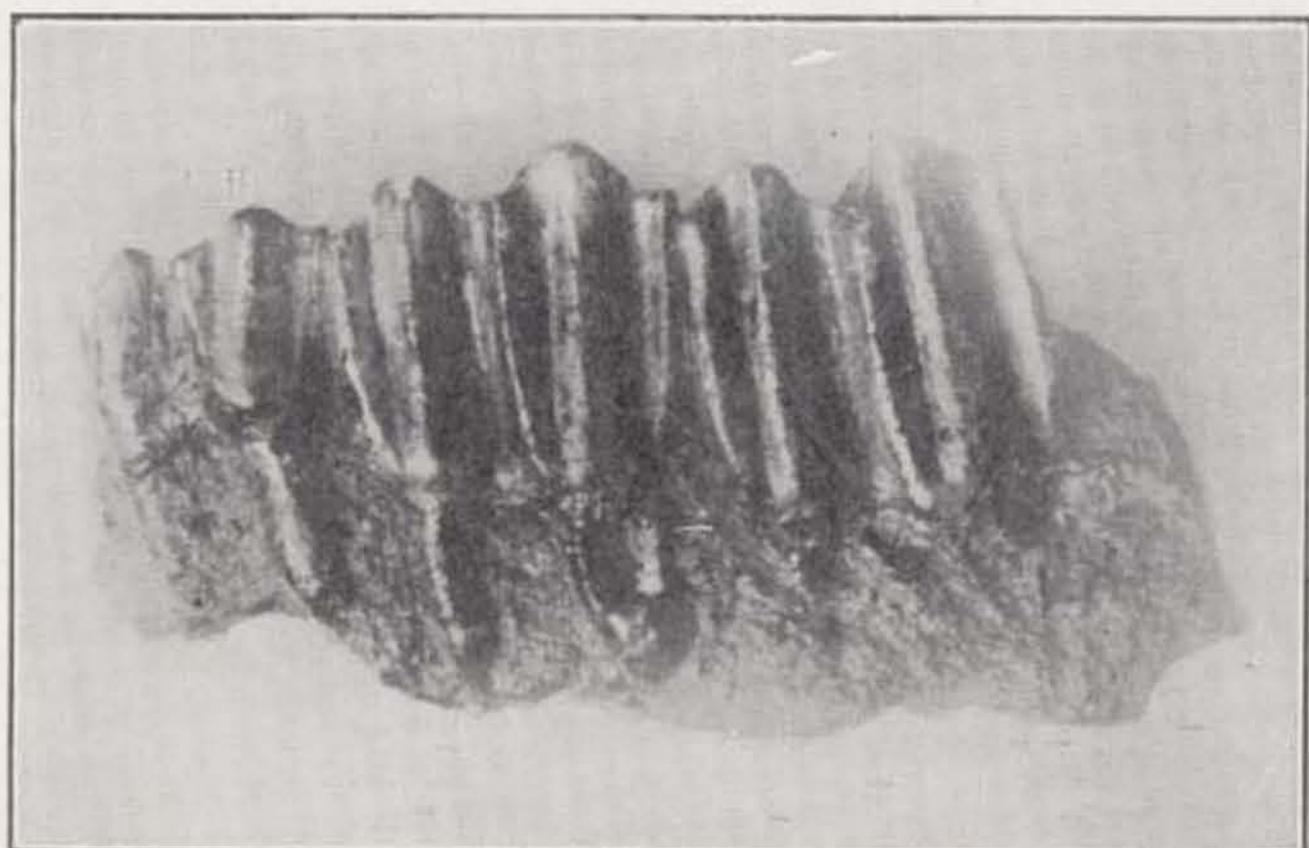


Fig. IX.

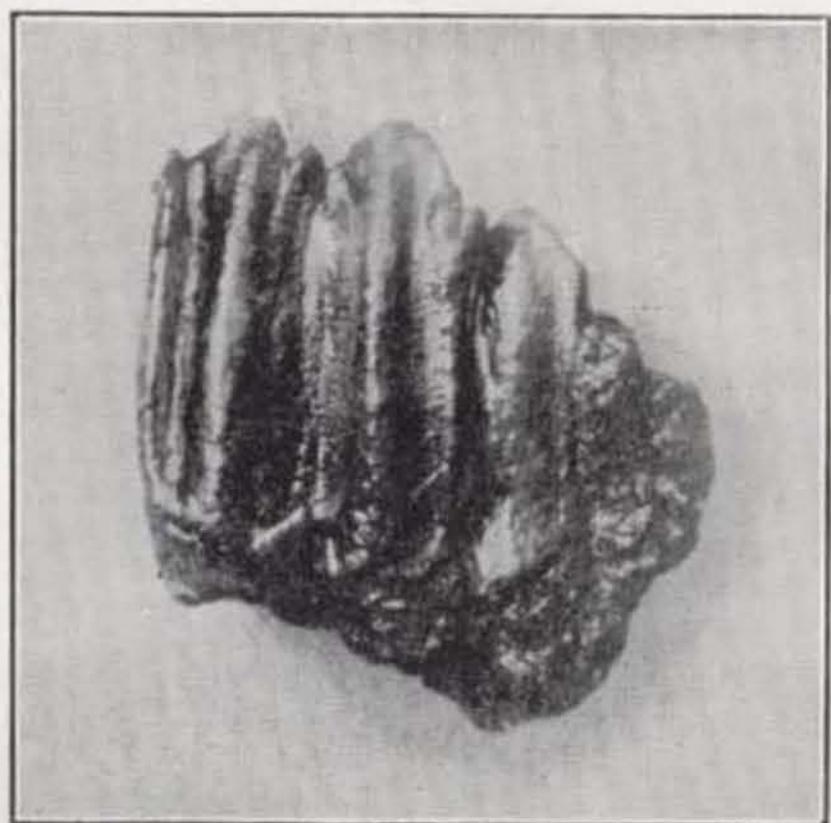


Fig. X.

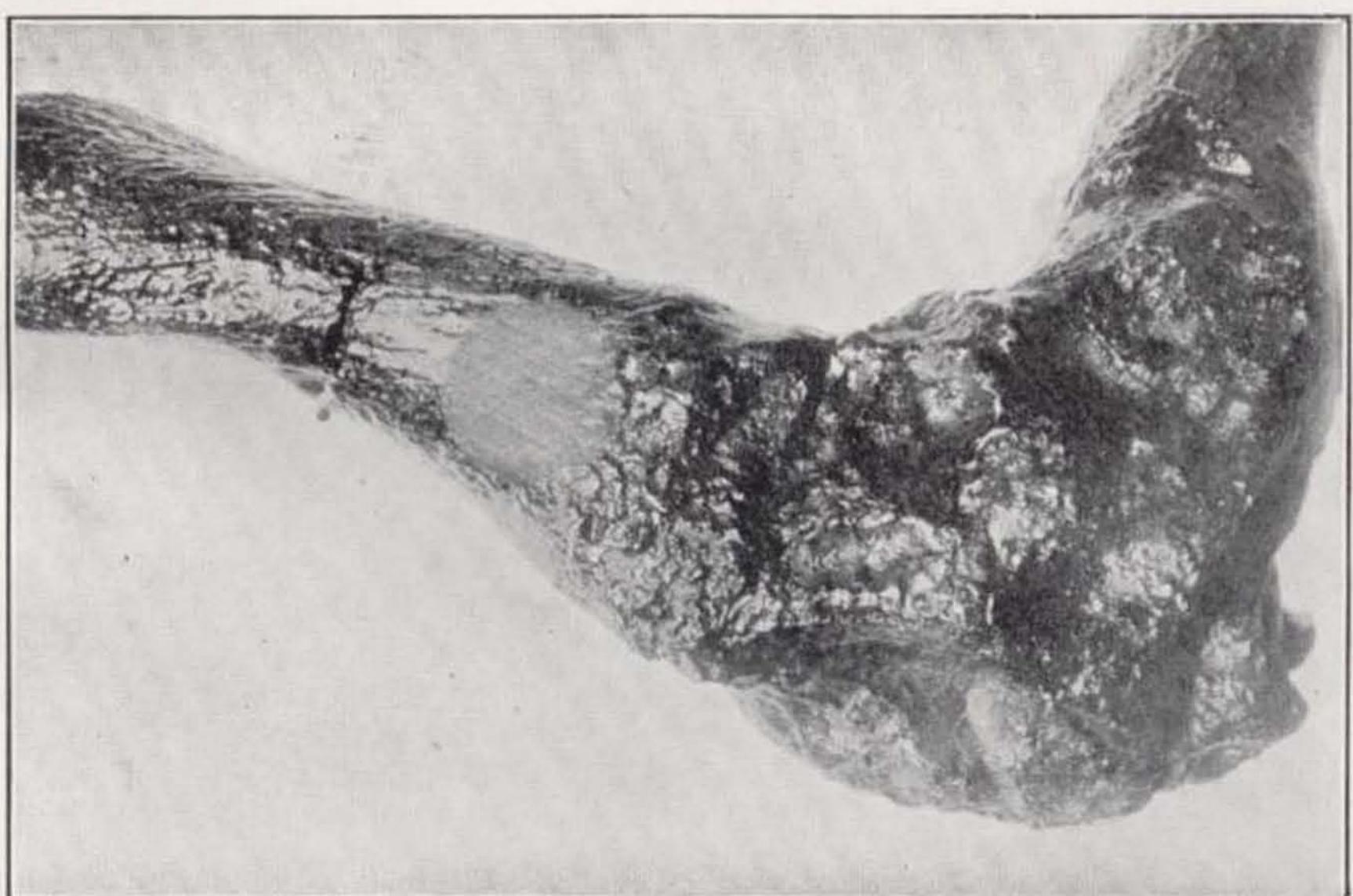


Fig. XI.

La primera (*Older pliocene de los ingleses*) está caracterizada por gran número de géneros afines a los del mioceno superior, como *Hipparrison*, *Palaeoryx*, *Hienarctos* etc.; abundan los grandes antílopes de facies africana, y comienza el desarrollo de los cérvidos, siendo los ejemplares más bien pequeños y de astas poco desarrolladas; aparecen grandes simios y faltan los géneros *Equus*, *Bos* y *Elephas*.

La otra fauna más reciente se caracteriza por la desaparición de los géneros arcaicos, a excepción del *Mastodon*; el caballo reemplaza al *Hipparrison*, aparecen los bóvidos en Europa y el *Elephas meridionalis*, coexistiendo con el *Mastodon americanus*.

Por la enumeración de las especies por nosotros encontradas, que insertamos a continuación, puede deducirse que nos encontramos ante la fauna pliocena antigua o del plioceno inferior, nivel idéntico al del Rousillon francés y estudiado por M. Charles Depéret, cuyos estudios e indicaciones nos han permitido establecer la identidad entre nuestro nivel geológico y el de Perpignan, reconocido por dicho sabio Paleontólogo.

Las especies por nosotros recogidas son las siguientes:

ESPECIE NÚMERO 1

Orden de los paquidermos: Impardigitados.

Familia de los rinocerítidos.

Género "rinocerós,

"Rinocerós leptorhinus," (Cuvier).

Son de difícil clasificación, en general, los molares de *rinocerós*, por ofrecer pocos recursos para caracterizar las especies, presentando variaciones de individuo a individuo tan fundamentales como las que puedan notarse de especie a especie.



cie. Unicamente, según Gaudry, en el séptimo molar superior pueden encontrarse caracteres diferenciales indiscutibles.

A las dificultades naturales que dejamos expuestas se une en nuestro caso el ser el ejemplar que poseemos un trozo de mandíbula inferior, con dentición de leche. No obstante, la determinación exacta del nivel geológico en que los ejemplares que nos ocupan fueron recogidos nos permite hacer la clasificación que encabeza estas líneas.

Según puede verse en las fotografías que acompaña (figura 1.^a), se trata de un animal muy joven; los desgastes apenas aparecen iniciados: en el ejemplar aparece el primer molar y tres premolares, que siguiendo la notación clásica de Zittel designaremos por m_1 , p_4 , p_5 , p_2 .

Omitimos las medidas y demás particularidades que de este ejemplar pudieran darse, ya que por su carácter especial entendemos que carecerían de utilidad, y en cuanto a los caracteres diferenciales de la especie que nos ocupa, pueden encontrarse magistralmente descritos en la obra de Deperet *Animaux Pliocènes du Roussillon*.

* * *

Tanto en la fotografía referente a este especie (fig. 1.^a), como en las que le siguen, hemos procurado obtener un tamaño, aproximadamente igual a 2/3 del natural.

ESPECIE NÚMERO 2

Familia de los équidos.
Género «*Hipparium*».
«*Hipparium crassum*» (Gervais).

Reconocida esta especie de *Hipparium* plioceno por Gervais en 1853, fué en 1885 estudiada con todo detalle por De-

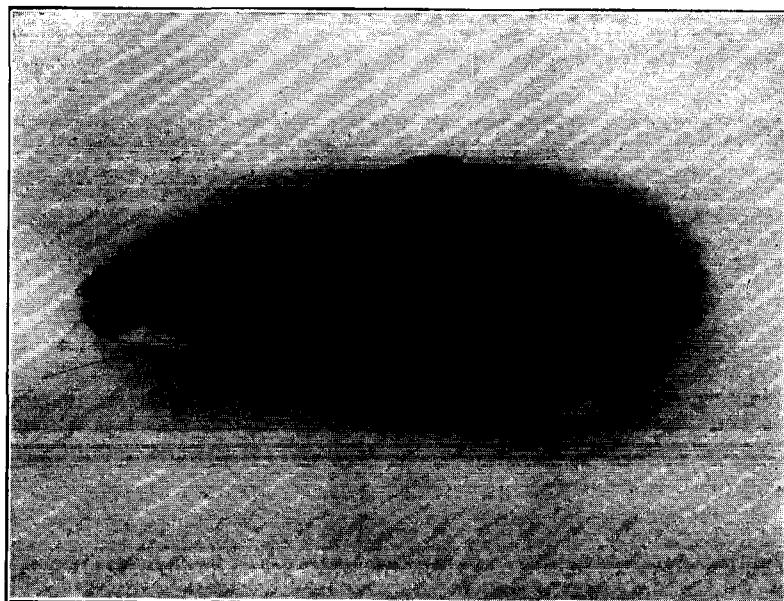


Fig. XII.



Fig. XII bis.

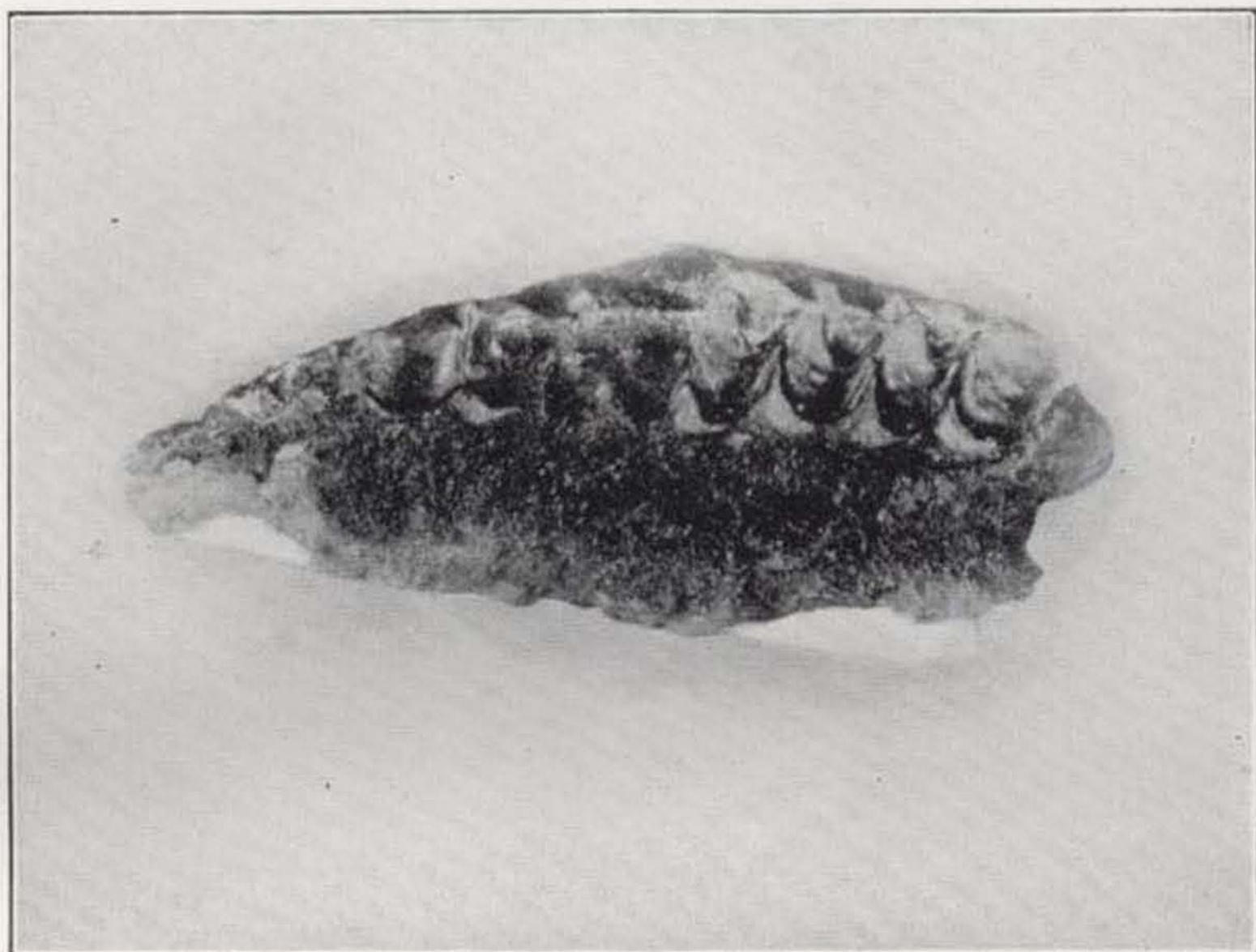


Fig. XII.

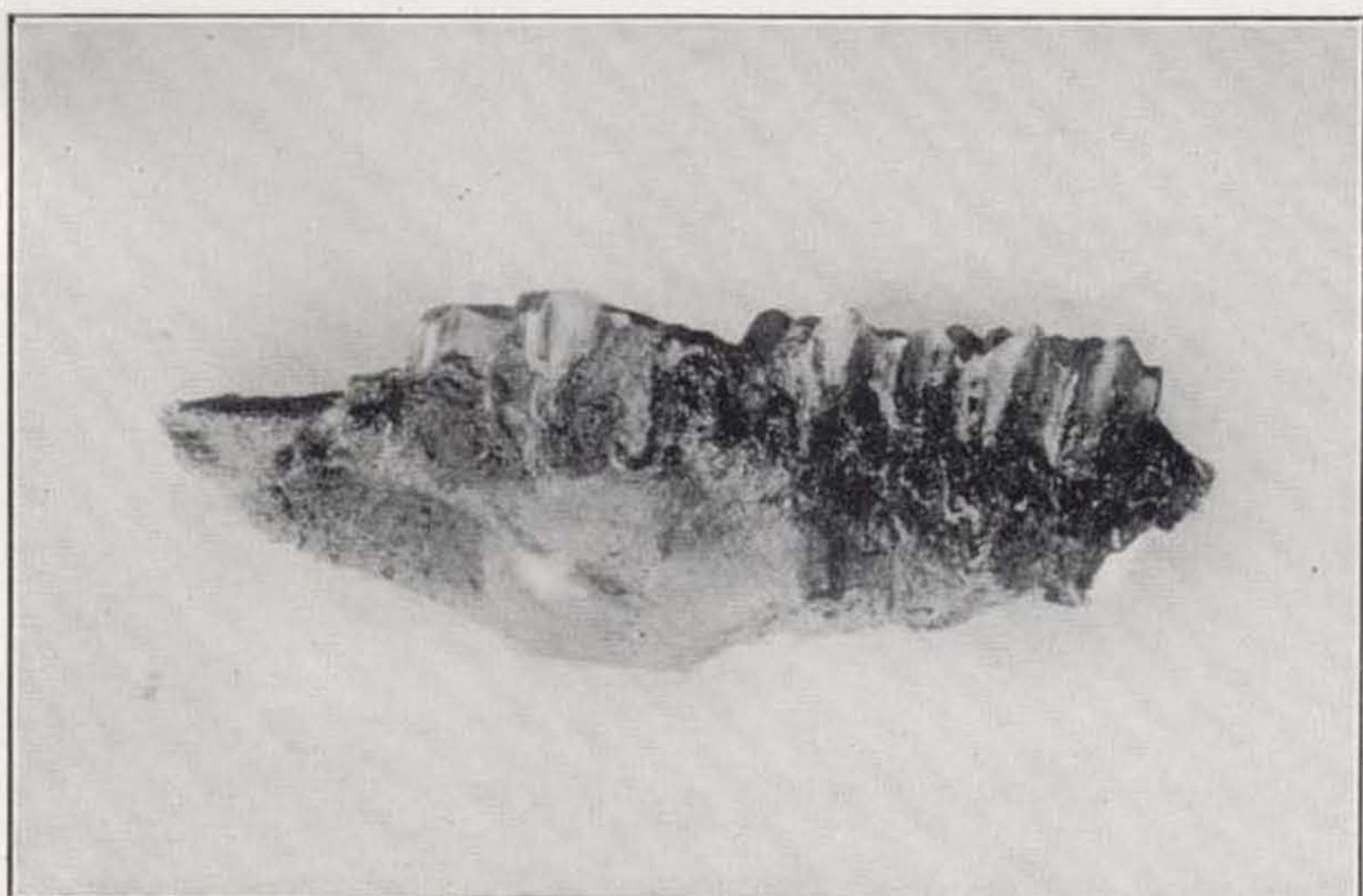


Fig. XII bis.

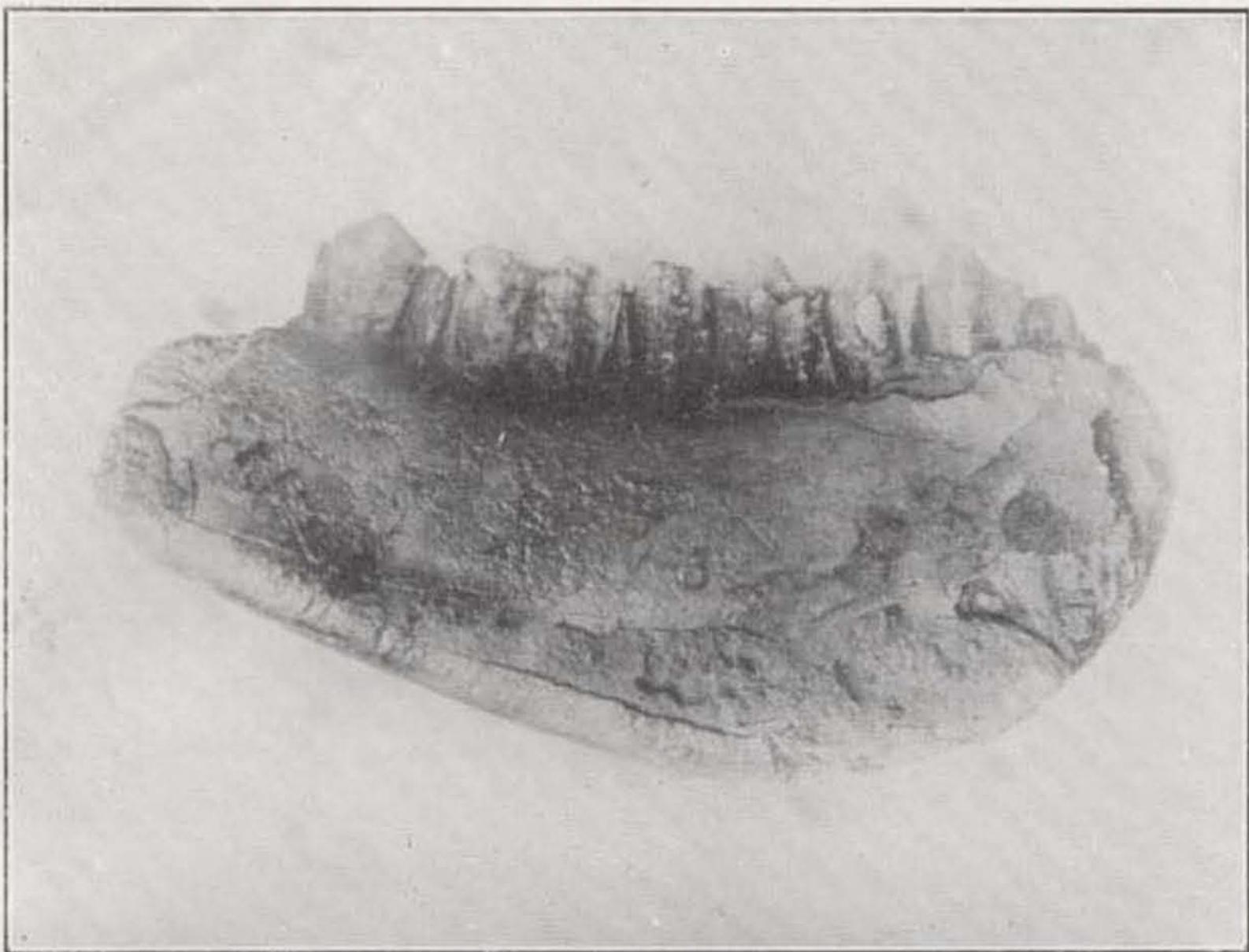


Fig. XIII.



Fig. XIV.

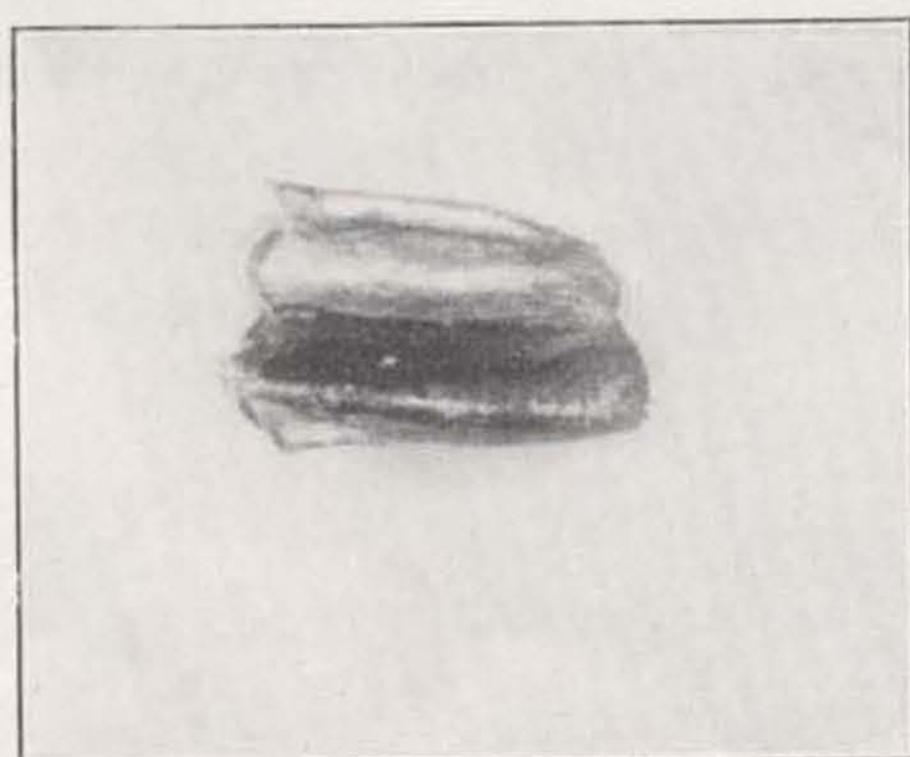


Fig. XV.



péret sobre abundante material recogido en el plioceno de Perpignan.

Los abundantes ejemplares de molares de *Hipparium* miocenos procedentes de distintas localidades españolas puestos a nuestra disposición en el Museo de Historia Natural por el sabio Profesor D. Eduardo Hernández-Pacheco, así como las indicaciones contenidas en su interesantísima obra *La llanura manchega y sus mamíferos fósiles*, nos proporcionaron una orientación completa en lo que al género *Hipparium* se refiere, permitiéndonos, con las magníficas colecciones de la Facultad de Ciencias de Lyón a la vista, hacer una diferenciación y un estudio comparativo entre las diferentes especies procedentes de Concud (Teruel), Pikermi, Monte Leberon, etc., para llegar a la clasificación segura de nuestros ejemplares, que podemos considerar como pertenecientes al *Hipparium Crassum*, especie reconocida ya en España, como se ha dicho.

Los caracteres diferenciales que nos han servido de base para esta determinación se han tenido que limitar al estudio de la estructura de los molares por carecer, desgraciadamente, de otras piezas del esqueleto.

Son estos caracteres diferenciales un mayor tamaño, sobre todo en los molares superiores, que todos los ejemplares estudiados procedentes del *H. gracile* mioceno: mayor espesor en el esmalte y pliegues más complicados que en los ejemplares vistos procedentes de Concud, Pikermi y La Provenza; ausencia de columnilla media en los molares de leche, y, sobre todo, la atrofia de la columna anteroexterna de los molares inferiores. Esta columna, que puede verse en algunos de nuestros ejemplares levemente indicada, se destaca de una manera franca siguiendo toda la longitud del molar en el *H. gracile* y desaparece por completo en el caballo, carácter que unido al tamaño, mayor en esta especie que en el *H. gracile*, y a la estructura especial de las patas, hacen que se considere esta es-



pecie como intermedia o de enlace entre el *Hipparrison* mioceño y el caballo.

Los ejemplares que presentamos son los siguientes:

Figura 2.^a — Trozo de mandíbula inferior de leche sin haber sufrido desgaste alguno. Es pieza que ofrece poco interés.

Figura 3.^a — Trozo de mandíbula inferior, comprendiendo p_2 , p_3 , p_4 , m_1 , m_2 .

Las medidas tomadas en las coronas son las siguientes:

p_2 .—Diámetro anteroposterior, 30 m/m.—Diámetro transversal, 15 m/m.

p_3 .— > > 27 > > > 15 >

m_1 .— > > 22 > > > 13 >

Figura 4.^a — Trozo de mandíbula superior derecha, comprendiendo:

p_2 .—Diámetro anteroposterior, 38 m/m.—Diámetro transversal, 19 m/m.

p_3 .— > > 30 > > > 20 >

p_4 .— > > 30 > > > 20 >

Figura 5.^a — Primer premolar superior.

Dimensiones:

p_2 .—Diámetro anteroposterior, 35 m/m.—Diámetro transversal, 21 m/m.

Otro primer premolar superior, no fotografiado.

Dimensiones:

p_2 .—Diámetro anteroposterior, 33 m/m.—Diámetro transversal, 23 m/m.

Un primer molar superior, m_1 , no fotografiado.

Dimensiones:

m_1 .—Diámetro anteroposterior, 28 m/m.—Diámetro transversal, 20 m/m.

Figura 6.^a — Molar inferior, p_1 , mostrando la columnilla anteroexterna en desarrollo rudimentario.

Figura 7.^a — Incisivo inferior.

Dada la abundancia con que los restos de *Hipparrison* se encuentran en cualquier yacimiento en que se manifiesten, po-



Fig. XVI.

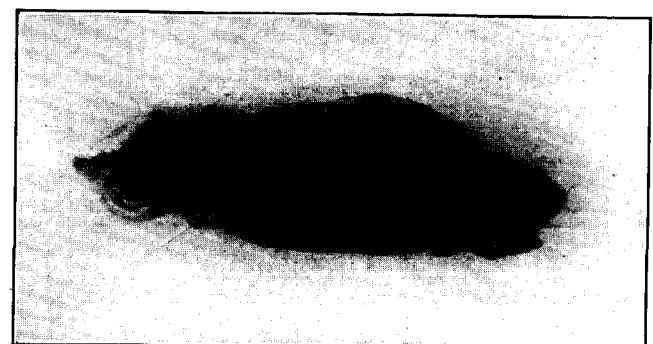


Fig. XVII.

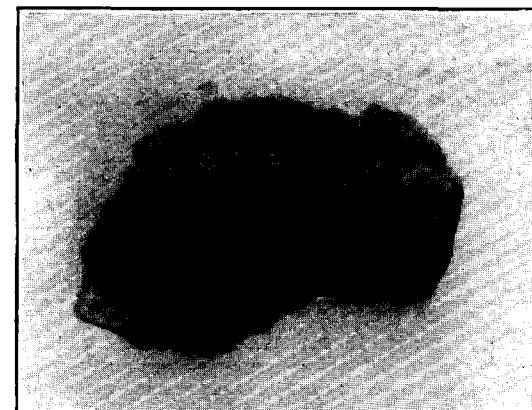


Fig. XVIII.

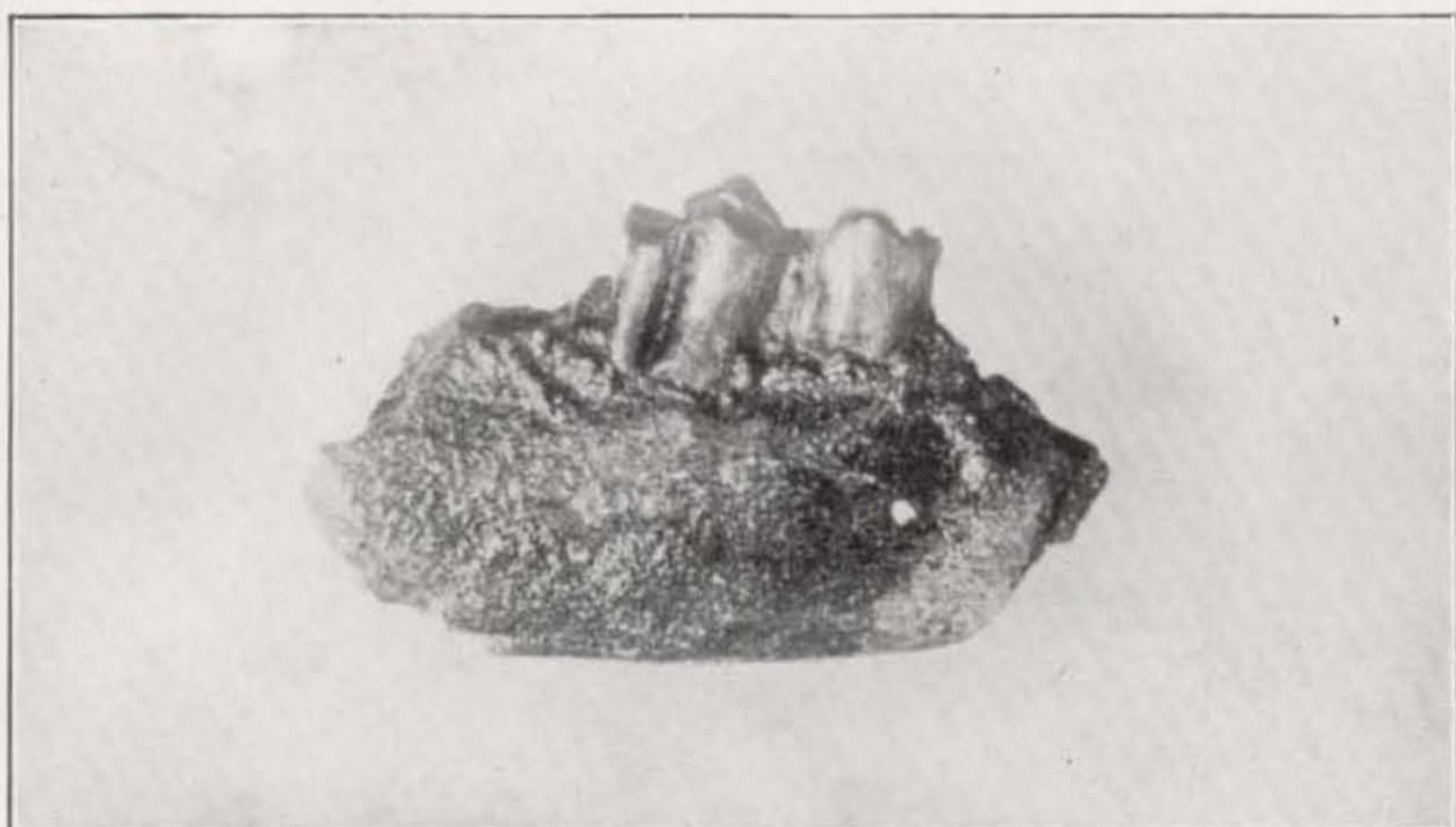


Fig. XVI.



Fig. XVII.

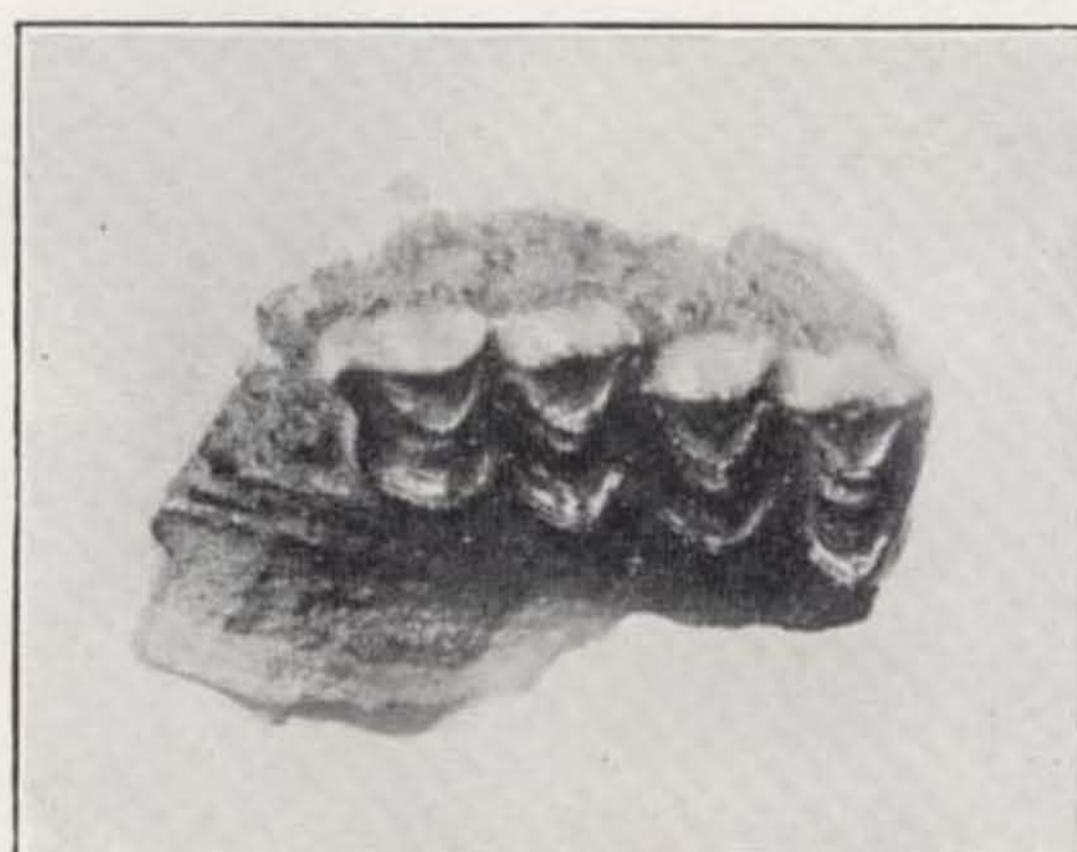


Fig. XVIII.

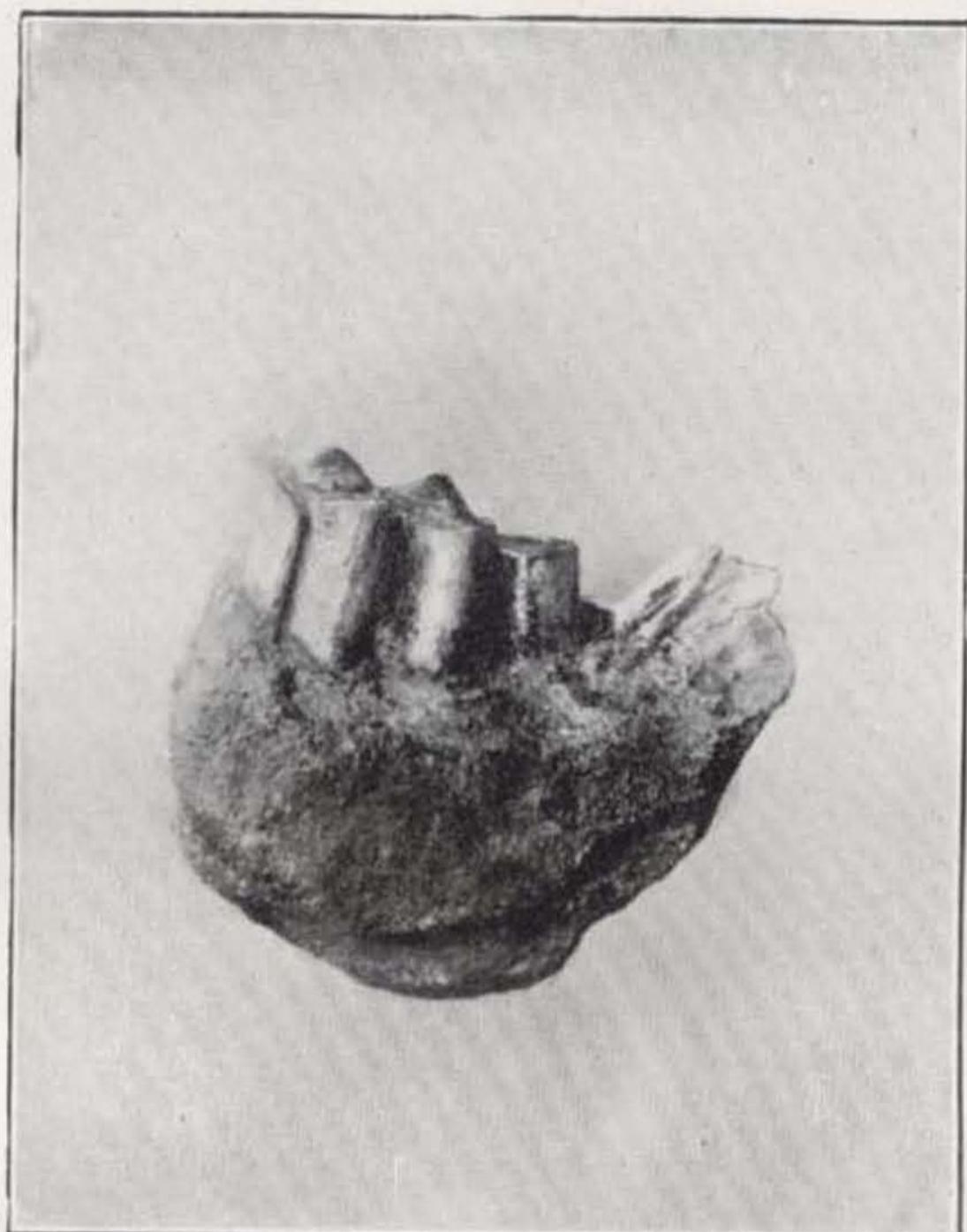


Fig. XVIII bis.



Fig. XIX.

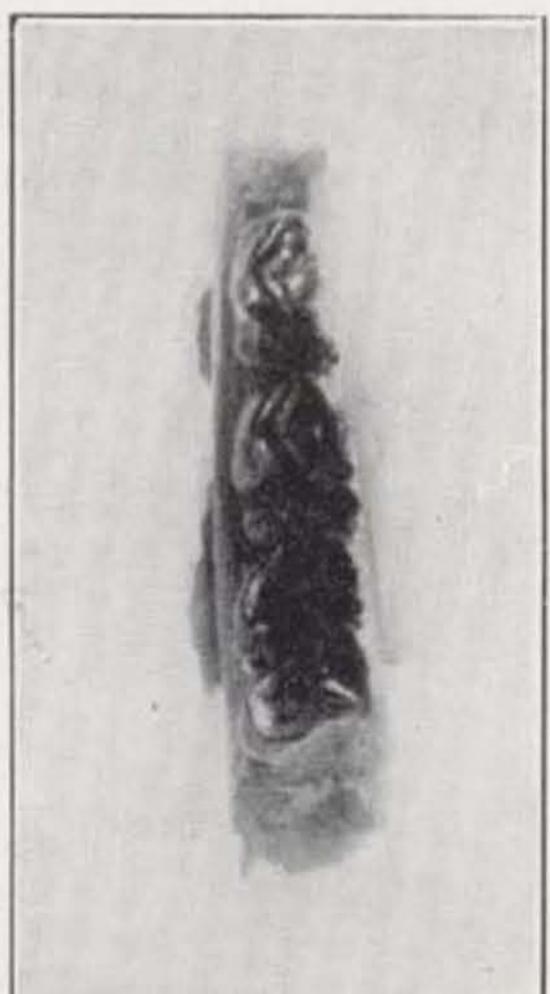


Fig. XX.

dríamos presentar muchos más ejemplares que los consignados; pero lo consideramos inútil, ya que ninguna novedad ofrecen y tendríamos que limitarnos a repetir, poco más o menos, lo consignado. Únicamente nos resta consignar, por lo que a este género se refiere, que sólo debe darse un valor relativo, al apreciar los caracteres diferenciales, a los pliegues del esmalte observados en las coronas de los molares tanto superiores como inferiores, ya que éstos varían bastante aun entre individuos del mismo género y especie, en forma que es imposible, o por lo menos aventurado, deducir de la forma más o menos especial de estos pliegues un carácter diferencial, base de clasificación.

ESPECIE NÚMERO 3

Orden de los rumiantes.

Familia de los antílopes.

Género "Palaeoryx," (Gaudry).

"Palaeoryx boodon," (Gervais).

Es conocido este gran antílope desde 1869, en que fué citado por Gervais, que estudió algunos restos recogidos en los lignitos de Alcoy (Alicante). Posteriormente fué estudiado por Depéret en 1885 sobre material recogido en el Roussillon, reconociéndose hoy su esqueleto completo y pudiendo clasificarse como especie típica del plioceno inferior.

Los ejemplares que presentamos son: dos trozos de mandíbula superior, derecha e izquierda, con p_1 , p_2 y p_3 , siendo de notar en ellos las columnillas colocadas entre los dos pilares de los molares, detalle interesante porque diferencia los antílopes de los cérvidos, que carecen de dicho pilar.

La otra pieza, más interesante, si cabe, que las anteriores, es el tercer molar inferior, m_3 , orden que se diferencia perfec-

tamente por tener tres pilares en vez de dos que tienen los demás molares. Este ejemplar presenta el carácter que diferencia la especie que nos ocupa, y es un pequeño talón o diente muy marcado, situado en la base entre el primer y segundo pilar del molar inferiores, m_3 .

Descritas con todo detalle por M. Charles Depéret en la ya citada obra *Animaux Pliocènes du Roussillon* todas las particularidades de esta especie, nos limitaremos a consignar las dimensiones medias, tomadas en la corona de los ejemplares que presentamos.

Figura 8.^a—Trozo de mandíbula superior:

m_1 . — Longitud, 24 m/m.— Anchura, 20 m/m.
m_2 . — » 28 » — » 20 »
m_3 . — » 28 » — » 19 »

Figura 9.^a—Trozo de mandíbula superior, con m_1 , m_2 y m_3 .

Dimensiones análogas.

Figura 10.—Tercer molar inferior:

m_3 . — Longitud, 40 m/m.— Anchura, 9 m/m.

ESPECIE NÚMERO 4

Género «*tragelaphus*».
«*Tragelaphus torticornio*» (Aymar).

Fué citada esta especie por primera vez por Aymar y Dorlhac en 1854 con el nombre de «antílope *torticornis*», siendo posteriormente estudiado por Rutimeyer y Depéret.

Considerado como especie de transición entre los *Palaeoreas* del mioceno y los *Tragelaphus* actuales de África, se trata de especie de talla algo superior a los gamos actuales, de molares más bien estrechos, faltando algunas veces en los superiores las columnillas interlobares.

El signo característico de esta especie es un ancho pliegue

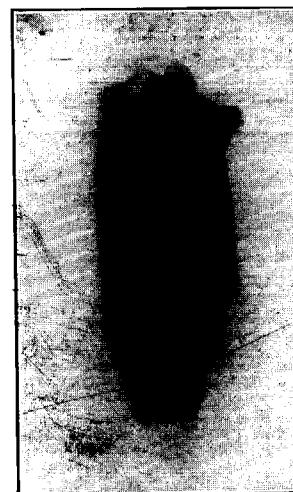


Fig. XXI.

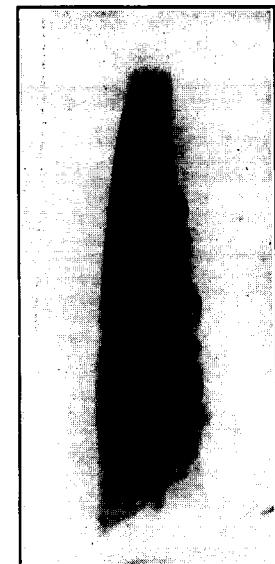


Fig. XXII.

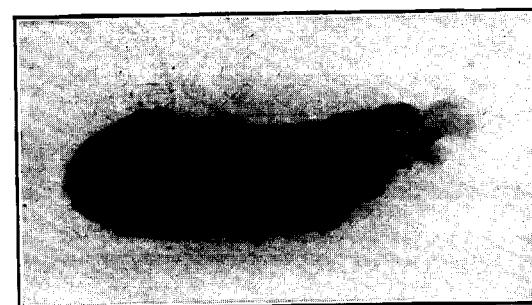


Fig. XXIII.

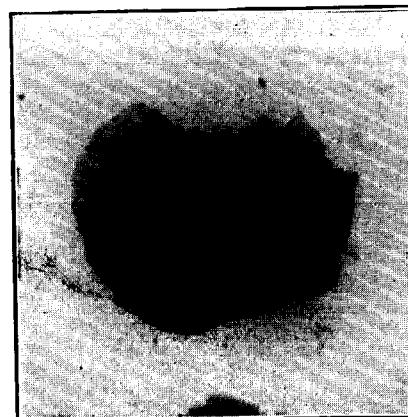


Fig. XXIV.



Fig. XXV.

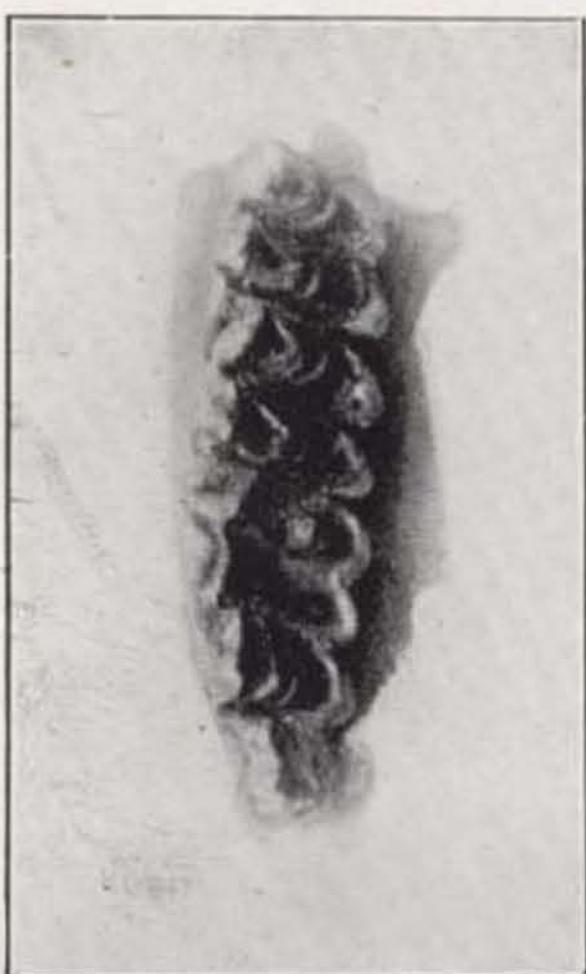


Fig. XXI.



Fig. XXII.



Fig. XXIII.



Fig. XXIV.

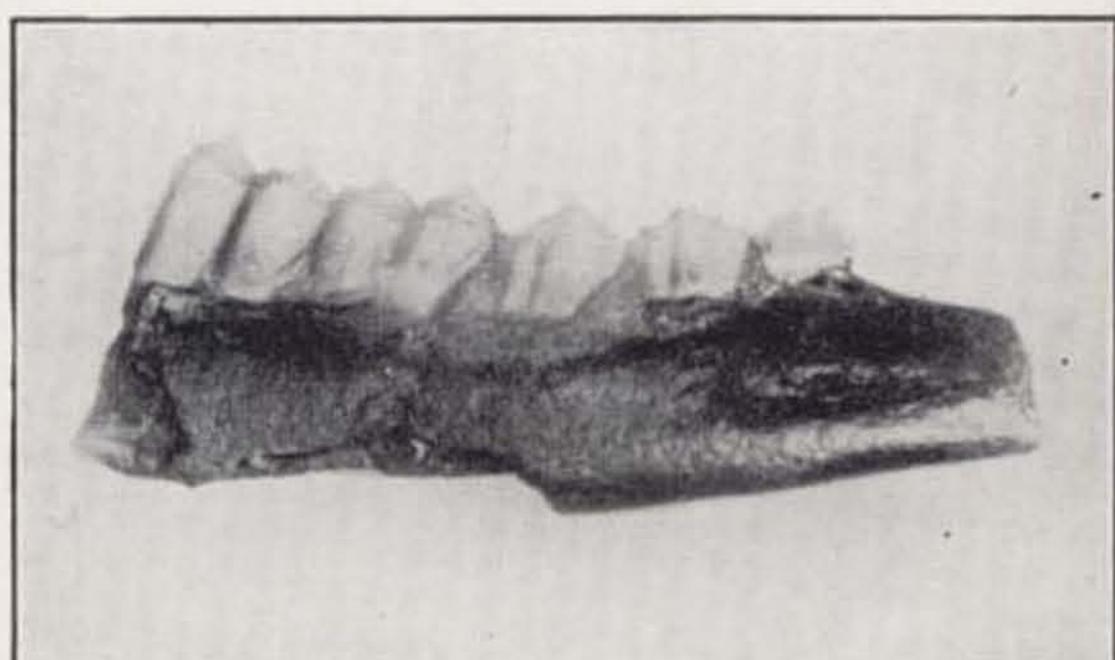


Fig. XXV.



Fig. XXVI.

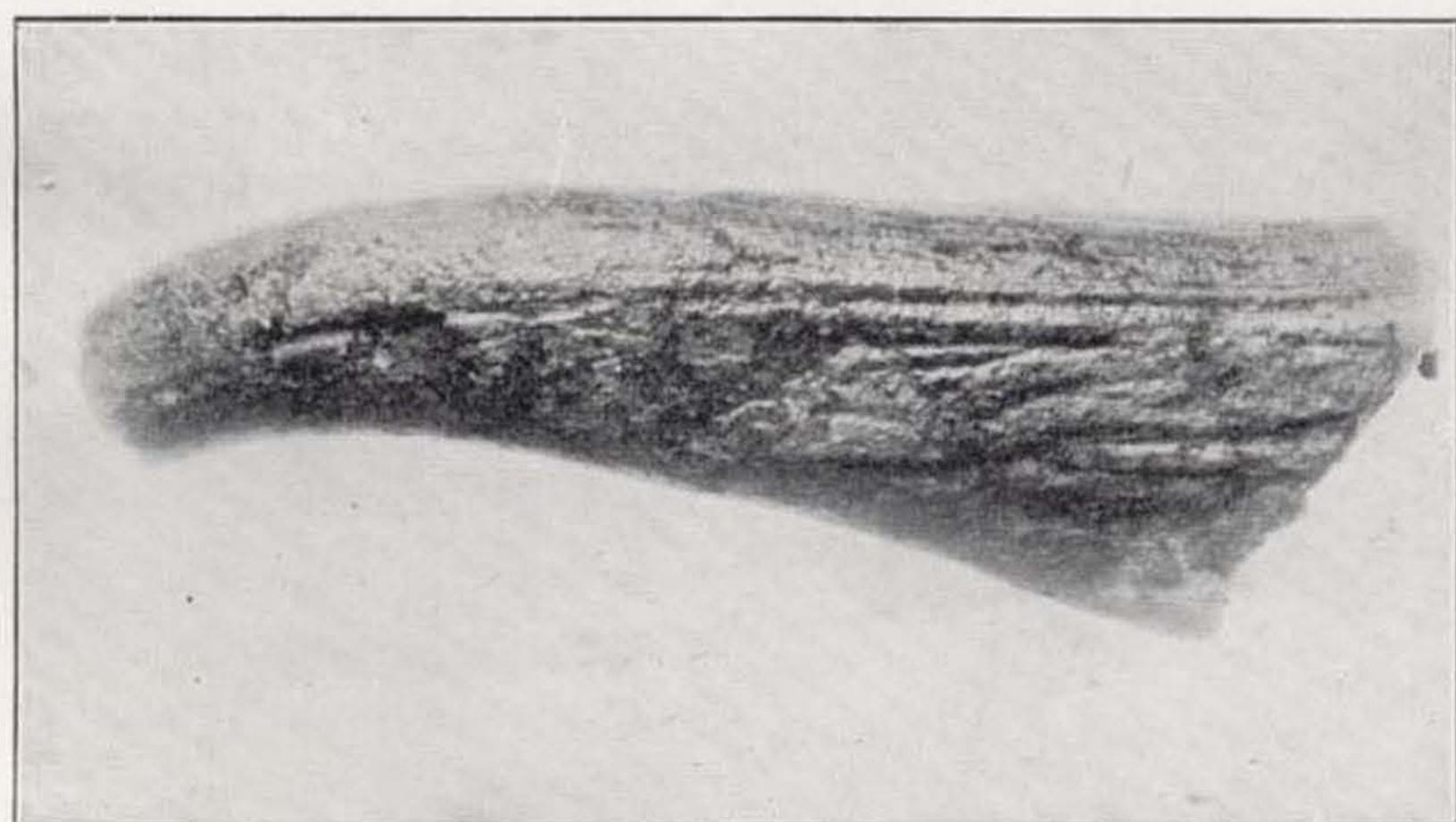


Fig. XXVII.

transversal anterior en el esmalte de los molares inferiores, carácter que se aprecia muy claramente en algunos de nuestros ejemplares, pero que no debe confundirse con el pliegue producido por la atrofia de la segunda loba que puede observarse en alguno de los premolares que presentamos.

Otro de los caracteres diferenciales interesantes es la existencia en los cuernos de dos aristas bien marcadas, una anterior y otra posterior, que se desarrollan longitudinalmente en hélice de muy largo paso.

En la reciente obra de H. G. Stehlin: *Die ober plioaene Fauna von Seneze (Haute Loire)*, se insiste, al hablar del *Tragelaphus torticornis*, en estos mismos caracteres diferenciales, que ya fueron señalados por Depéret en 1884.

Los ejemplares de esta especie que presentamos, algunos como el de la figura 11 (cráneo), son verdaderamente notables por ser más completos que los encontrados hasta ahora y por acusar un individuo de gran talla dentro de lo corriente en esta especie.

Estos ejemplares son los siguientes:

Figura 11. — Trozo de cráneo con un cuerno casi completo y parte del otro. Sus dimensiones más importantes son las siguientes:

Separación de los cuernos en su nacimiento: 5 milímetros.

Diámetro de los cuernos en la base: 55 milímetros.

Anchura frontal, medida en los cuernos desde sus aristas inferiores: 130 milímetros.

Longitud de los cuernos: 220 milímetros.

Figuras 12 y 12 bis. — Trozo de mandíbula superior, con p_3 , p_4 , m_1 , m_2 y m_3 . Dimensiones en las coronas:

p_3 .	— Largo,	10 m/m.	— Ancho,	9 m/m.
p_4 .	— »	10 »	»	11 »
m_1 .	— »	15 »	»	15 »
m_2 .	— »	20 »	»	20 »
m_3 .	— »	20 »	»	16 »



Figura 13. — Trozo de mandíbula inferior, con p_4 , m_4 , m_2 y m_3 . Nótese la atrofia de la segunda loba en p_4 . Dimensiones en la corona:

p_4 .	— Largo, 16 m/m.	— Ancho, 8 m/m.
m_1 y m_2 .	— » 20 » » 10 »	
m_3 .	— » 28 » » 10 »	

Figura 14. — Trozo de mandíbula inferior, con m_2 y m_3 incompletos.

Figura 15. — Molar inferior, p_3 ; nótese el gran pliegue transversal en el esmalte. Dimensiones de la corona:

Largo, 25 m/m. — Ancho, 8 m/m.

Figura 16. — Trozo de molar inferior, con p_3 y p_4 . Dimensiones en la corona:

p_3 .	— Largo, 15 m/m.	— Ancho, 7 m/m.
p_4 .	— » 18 » » 10 »	

Figura 17. — Trozo de mandíbula superior, con p_4 , m_1 , m_2 y m_3 . Dimensiones análogas a las ya consignadas.

Figura 18. — Trozo de mandíbula superior, con m_1 y m_2 .

Figura 18 bis. — Molar inferior, en el que es muy visible el pliegue transversal de esmalte.

ESPECIE NÚMERO 5

Orden de los rumiantes.

Familia de los cérvidos.

"Cervus pirenaicus".

El *Cervus pirenaucus* debe ser considerado como una «mutación» del *Cervus ramosus* de Perpignan, siguiendo la actual costumbre de los naturalistas de no hacer diferenciación por razas, sino considerar como mutaciones de la especie las



Fig. XXVIII.



Fig. XXIX.



Fig. XXVIII.



Fig. XXIX.

variaciones que, no afectando a los caracteres esencialmente diferenciables, introducen, a través del tiempo, algunas modificaciones en la estructura general de la especie.

Como los ejemplares en una misma especie van aumentando en tamaño a medida que son más modernas, debemos considerar el *Cervus pirenaicus* como antecesor del *Cervus ramosus*, d'Auvergne, siendo la mayoría de nuestros ejemplares idénticos a los que hemos podido estudiar en la Facultad de Ciencias de Lyon, procedentes del Roussillon, los que Dépéret considera como forma de tránsito entre el *Cervus maatheroni*, del Leberon, y el *Cervus ramosus*, d'Auvergne.

Los ejemplares que presentamos son los siguientes:

Figura 19.—Trozo de cuerno no determinable por carecer de puntas.

Figura 20.—Trozo de mandíbula inferior, con p_8 , p_4 y m_1 . Dimensiones, tomadas en la corona, como todas las que expresamos:

p_1 .—	Largo,	10 m/m.	—Ancho,	5 m/m.
p_2 .—	>	11 >	>	7 >
m_1 .—	>	15 >	>	10 >

Figura 21.—Trozo de mandíbula superior, con p_4 , p_8 , m_1 , m_2 y m_3 .

Dimensiones:

p_8 .—	Largo,	9 m/m.	—Ancho,	10 m/m.
p_4 .—	>	9 >	>	12 >
m_1 .—	>	12 >	>	15 >
m_2 .—	>	15 >	>	15 >
m_3 .—	>	13 >	>	15 >

Figura 22.—Trozo de mandíbula inferior, con p_3 , p_4 y m_1 . Está incompleta.

Figura 22.—Trozo de mandíbula superior, con p_2 , p_8 , p_4 , m_1 , m_2 y m_3 . Dimensiones análogas a las anteriormente consignadas.

Figura 24.—Trozo de mandíbula inferior, con m_8 . Dimensiones:

m_8 .—Largo, 18 m/m.—Ancho, 6 m/m.

Figura 25.—Trozo de mandíbula inferior, con p_2 , p_3 , p_4 , m_1 y m_2 .

ESPECIE NÚMERO 6

Familia de los cérvidos.

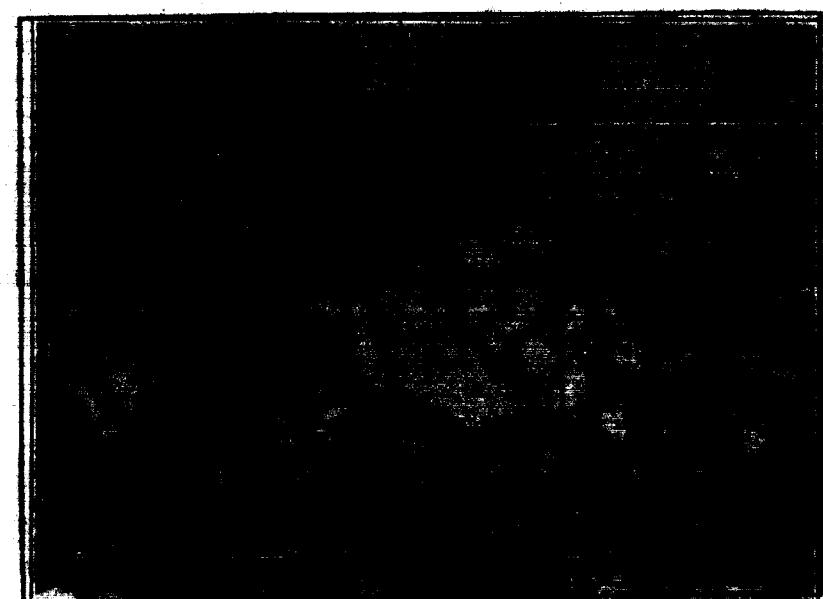
"*Cervus issidorensis*" (Crozzer.)

Los tres trozos de astas que clasificamos como pertenecientes a esta especie son en realidad, por estar muy incompletos, de difícil clasificación. Hay, sin embargo, un detalle en uno de ellos (fig. 26) que permite asegurar, dado el nivel geológico en que nos encontramos, que se trata de la especie antes indicada.

Desde luego, por la robustez de los ejemplares, puede asegurarse que se trata de animales de gran talla, siendo verdaderamente extraño que en las investigaciones que hemos practicado en el yacimiento se hayan encontrado los trozos de asta y no aparezca un solo diente perteneciente a esta especie.

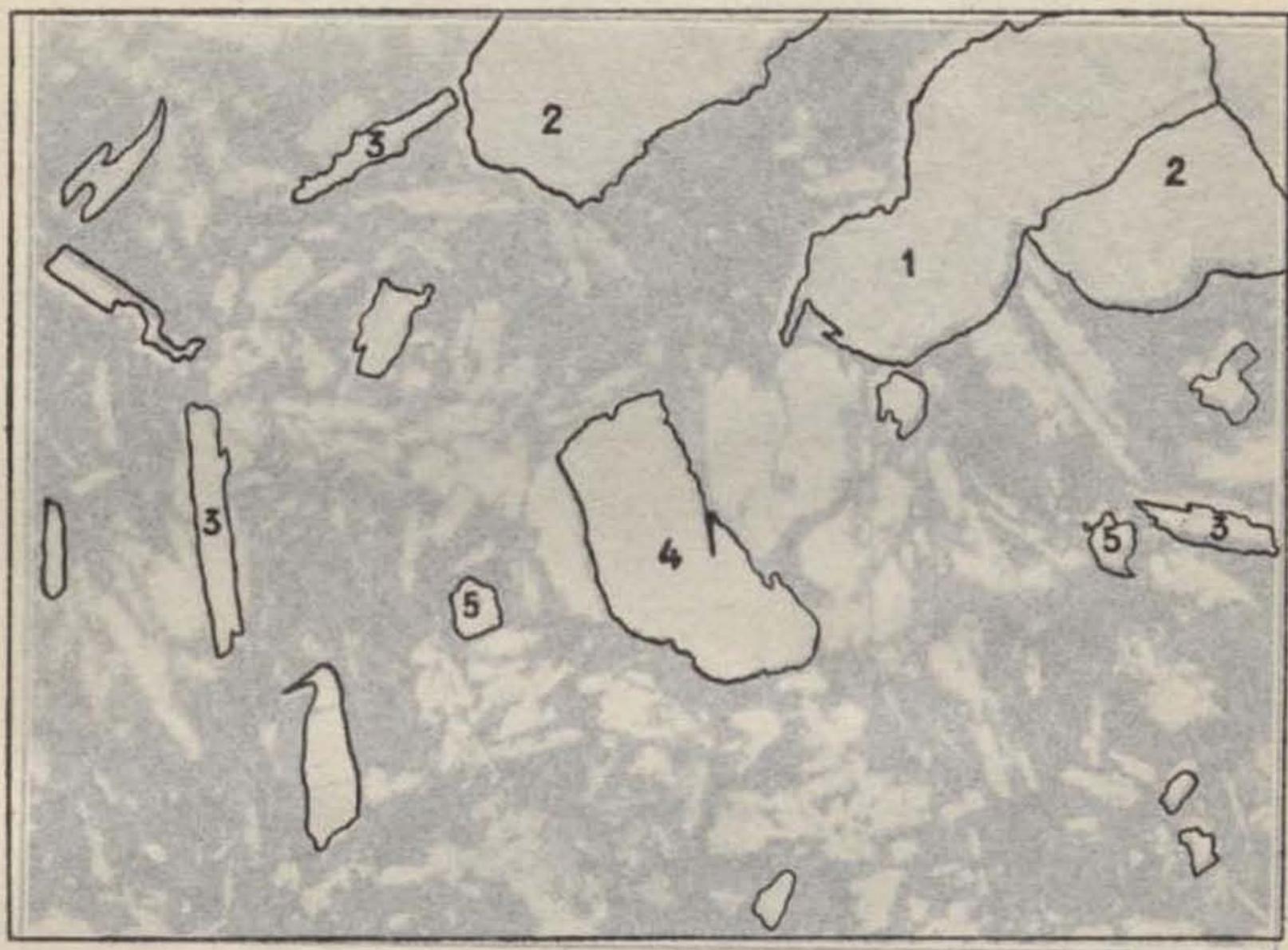
Encontrados los primeros restos de *Cervus issidorensis* en la montaña de Perrier, cerca de Yssuire, sus astas tienen la característica de ser muy robustas, casi lisas, compuestas de una serie de curvas en la unión de las cuales se insertan las puntas secundarias en número de tres. Las curvas de la rama principal están fuertemente pronunciadas hacia adelante, y este carácter, unido a los anteriormente indicados, proporciona elementos, si no indiscutibles, al menos muy bien orientados para la clasificación de la especie.

Siendo muy incompletos los trozos que presentamos (figuras 26, 27 y 28), renunciamos a dar dimensiones detalladas de



1, Trozos de caliza. — 2, Difiro. — 3, Feldespato calcedónico, tipo labrador.
4, Wernerita. — 5, Augita.





1, Trozos de caliza. — 2, Difro. — 3, Feldespato calcedónico, tipo labrador.
4, Wernerita. — 5, Augita.





1, Trozos de caliza.— 2, Difiro. — 3, Feldespato calcedónico, tipo labrador.
4, Wernerita. — 5, Augita.



los mismos, y únicamente indicaremos que el más grande (figura 26), en el que la curvatura hacia adelante se puede notar perfectamente, mide en su parte inferior 30 milímetros de diámetro y 90 milímetros en su parte más ancha, o sea en la separación de la primera rama secundaria.

ESPECIE NÚMERO 7

Orden de los carníceros.

Familia de los hienidos.

"Hiena arvernensis," mutación pirenaica (Depéret).

El ejemplar que presentamos (fig. 29), presenta un molar p_4 y un carníero muy desgastado, pertenecientes a una mandíbula inferior.

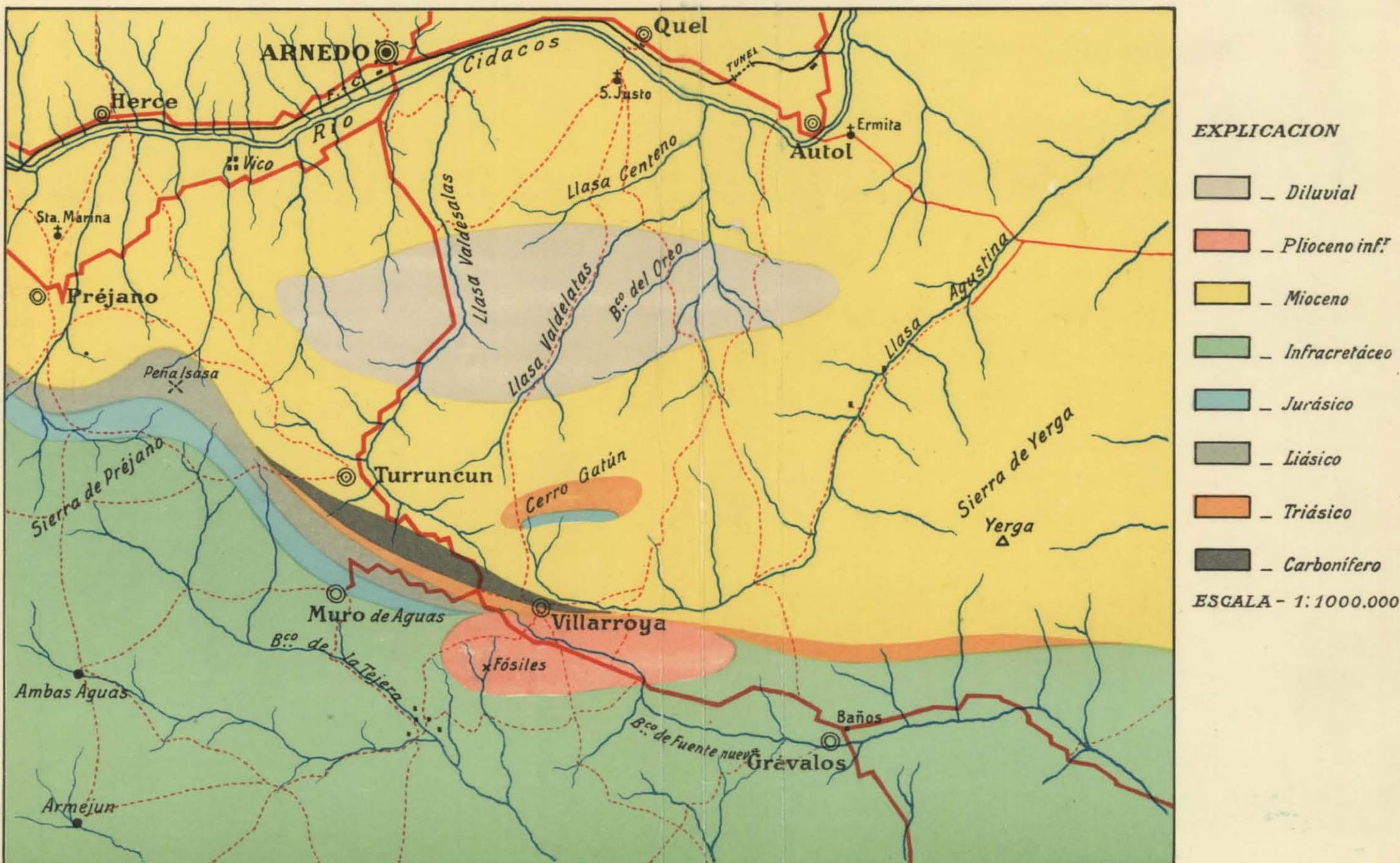
Esta hiena es del tipo de la *Hiena striata* actual, siendo, sin duda, su precursor más antiguo la *Hiena Chaueretis*, estudiada por Gaudry en la fauna de Pikermi.

Estudiada por Depéret en la fauna pliocena de Perpignan y descrita por este sabio Paleontólogo en la tan repetida obra *Animaux pliocènes du Roussillon*, estimamos innecesario repetir detalles que en dicha obra pueden estudiarse.



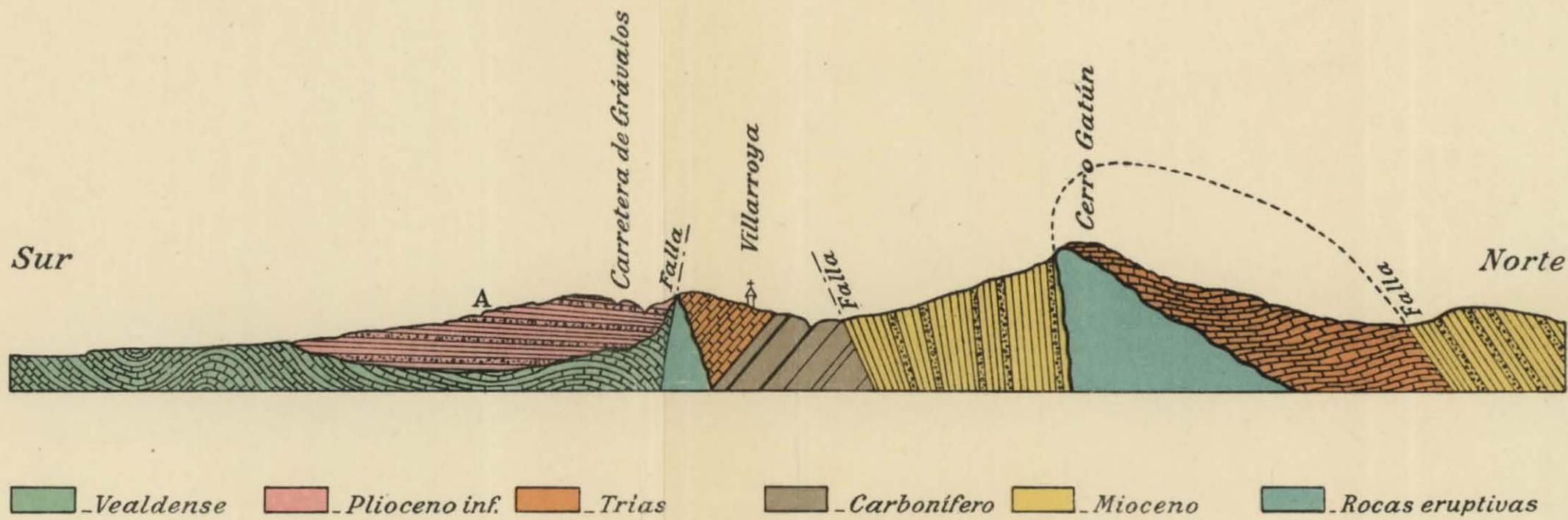


MAPA GEOLÓGICO DE LA REGIÓN SE. DE LA PROVINCIA DE LOGROÑO





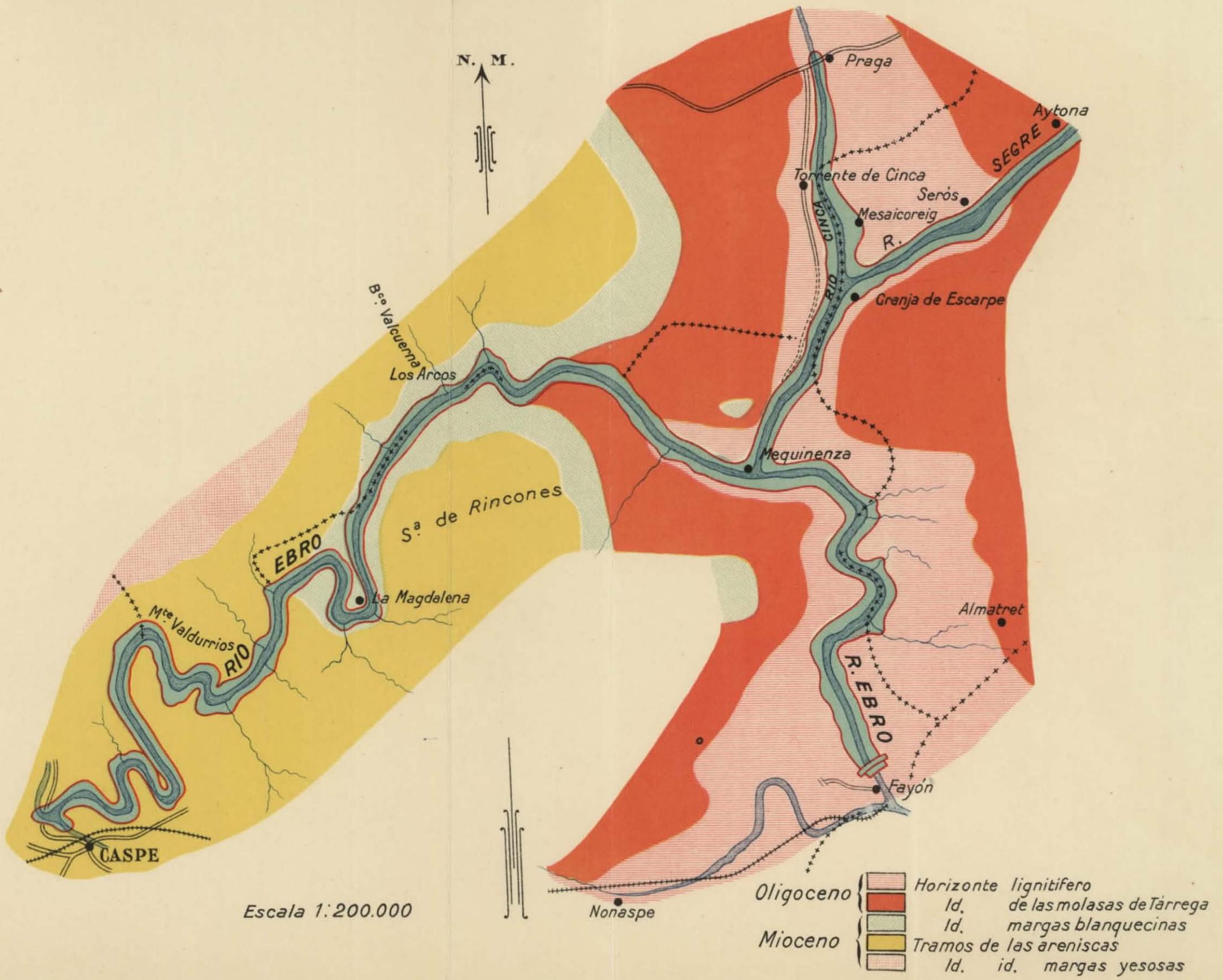
CORTE GEOLOGICO



Escala: 1:20.000

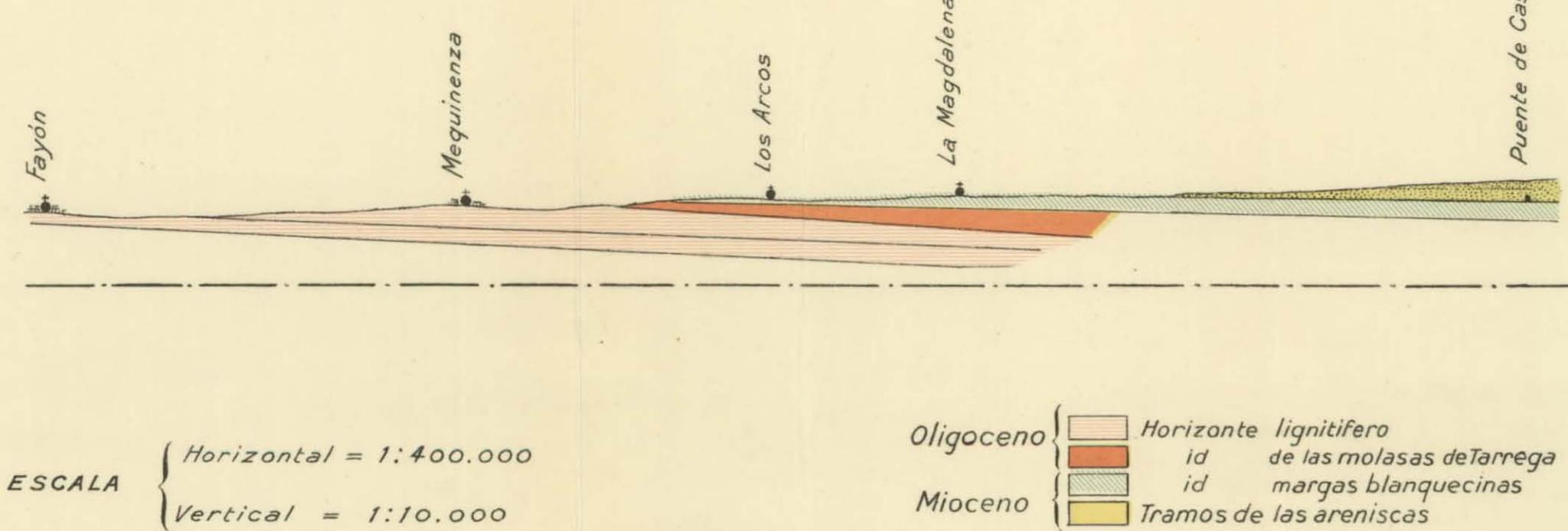


BOSQUEJO GEOLÓGICO DE LA CUENCA DEL EBRO ENTRE FAYÓN Y CASPE





PERFIL LONGITUDINAL DEL RÍO EBRO DE FAYÓN A CASPE



**LAS ANOMALÍAS
DE LA
GRAVEDAD EN ESPAÑA Y LA PROFUNDIDAD
DE COMPENSACIÓN ISOSTÁTICA
MÁS PROBABLE**

POR

GUILLERMO SANS HUELIN

Ingeniero Geógrafo y Comandante de Artillería.

LAS ANOMALÍAS

DE LA

GRAVEDAD EN ESPAÑA Y LA PROFUNDIDAD DE COMPENSACIÓN ISOSTÁTICA MÁS PROBABLE

El Instituto Geográfico de España posee una extensa red de estaciones de gravedad observadas por el método de determinaciones relativas pendulares.

Recientemente, el United States Coast and Geodetic Survey ha efectuado los cálculos de reducción por topografía y compensación isostática de 31 de aquellas estaciones, suponiendo una profundidad de compensación de 113,7 kilómetros, por estar calculadas con ella las tablas de reducción correspondientes (1), pero sin prejuzgar que dicha profundidad fuese la más conveniente para España. Así es que en posesión el Instituto Geográfico de los valores reducidos para los 113,7 kilómetros, quedaba por hacer el estudio relativo a la profundidad más adecuada a nuestra Península.

A este fin seguí el método de cálculo que expone Mr. William Bowie en su notable obra *Investigations of Gravity and*

(1) *The effect of topography and isostatic compensation upon the intensity of gravity*, by Hayford and Bowie.

Isostasy. Consiste dicho método en utilizar determinados factores numéricos que se aplican a los valores obtenidos en cada estación para las diferentes zonas que circundan a aquélla hasta los antípodas de la misma.

A continuación publicamos la tabla con los factores de reducción utilizados por mí.

TABLA I

ZONA	FACTOR PARA LA PROFUNDIDAD DE COMPENSACIÓN DE					
	56,9 kilómetros	85,3 kilómetros	96 kilómetros	127,9 kilómetros	165,25 kilómetros	184,6 kilómetros
A.....	1,00	0,33	0,18	-0,11	-0,27	-0,38
B.....	1,00	0,33	0,18	-0,11	-0,27	-0,38
C.....	1,00	0,33	0,18	-0,11	-0,27	-0,38
D.....	1,00	0,33	0,18	-0,11	-0,27	-0,38
E.....	0,98	0,33	0,18	-0,11	-0,27	-0,38
F.....	0,97	0,33	0,18	-0,11	-0,27	-0,38
G.....	0,95	0,32	0,18	-0,11	-0,26	-0,38
H.....	0,92	0,32	0,17	-0,11	-0,26	-0,37
I.....	0,87	0,31	0,17	-0,10	-0,26	-0,37
J.....	0,80	0,29	0,16	-0,10	-0,25	-0,36
K.....	0,70	0,27	0,15	-0,10	-0,24	-0,35
L.....	0,55	0,23	0,14	-0,09	-0,22	-0,32
M.....	0,24	0,14	0,09	-0,06	-0,17	-0,26
N.....	-0,10	0,00	0,01	-0,02	-0,07	-0,14
O.....	-0,31	-0,11	-0,06	0,03	0,06	0,05
18.....	-0,41	-0,17	-0,10	0,06	0,14	0,19
17.....	-0,42	-0,18	-0,09	0,07	0,18	0,24
16.....	-0,43	-0,19	-0,08	0,08	0,21	0,30
15.....	-0,45	-0,21	-0,07	0,09	0,24	0,36
14.....	-0,46	-0,22	-0,06	0,10	0,27	0,41
13.....	-0,47	-0,23	-0,06	0,11	0,30	0,48
12.....	-0,49	-0,24	-0,05	0,12	0,34	0,54
11.....	-0,49	-0,24	-0,05	0,12	0,35	0,57
10.....	-0,50	-0,24	-0,05	0,13	0,36	0,59
9.....	-0,50	-0,24	-0,05	0,13	0,37	0,62
8.....	-0,50	-0,25	-0,04	0,13	0,38	0,63
7.....	-0,50	-0,25	-0,04	0,13	0,38	0,63
6.....	-0,50	-0,25	-0,04	0,13	0,38	0,63
5.....	-0,50	-0,25	-0,04	0,13	0,38	0,63
4.....	-0,50	-0,25	-0,04	0,13	0,38	0,63
3.....	-0,50	-0,25	-0,04	0,13	0,38	0,63
2.....	-0,50	-0,25	-0,04	0,13	0,38	0,63
1.....	-0,50	-0,25	-0,04	0,13	0,38	0,63

El efecto de la topografía no se altera por un cambio en la profundidad, pero la compensación y la resultante, por tanto, de ésta y de la topografía, varía con la profundidad. Como al hacer los cálculos de la reducción para la profundidad de kilómetros 113,7 vienen separados para cada estación los valores correspondientes al efecto de la topografía y al de la compensación para las zonas designadas con letras, es posible calcular para dichas zonas la influencia sólo en la compensación de un cambio de profundidad. Respecto a las zonas numeradas, como lo que se calcula para cada una es el valor de la resultante del efecto de la topografía y compensación, a dicho valor se aplicará la corrección correspondiente a la nueva profundidad.

Como ejemplo del empleo de la tabla I presentamos en la tabla II las correcciones por cambio de profundidad correspondientes a la estación de Madrid. Las cantidades en la columna segunda y tercera de dicha tabla están tomadas de las hojas de cálculo enviadas al Instituto Geográfico por el Coast and Geodetic Survey, así como la corrección total por topografía y compensación para 113,7 kilómetros. En las columnas cuarta, quinta, sexta, séptima, octava y novena aparecen los productos de los valores de la columna segunda y tercera por los factores contenidos en la tabla I. La suma algebraica de dichos productos para cada profundidad representa la corrección que se añade algebraicamente al efecto total por topografía y compensación isostática para la profundidad de 113,7 kilómetros, con el fin de obtener el efecto para las demás profundidades.

De un modo análogo he realizado los cálculos para las otras 30 estaciones reducidas, agrupándose los resultados con tres cifras decimales en la tabla III, en la que se incluye también las correcciones para la profundidad inicial de 113,7 kilómetros.

**T A B L A II
ESTACIÓN I.—MADRID**

ZONA	Compensación sin topografía 113,7 kms.	Resultante topografía y compensación 113,7 kms.	CORRECCIÓN PARA LA PROFUNDIDAD DE					
			56,9 kms.	85,3 kms.	96 kms.	127,9 kms.	156,25 kms.	184,6 kms.
A.....	0	0	0	0	0	0	0	0
B.....	0	0	0	0	0	0	0	0
C.....	— 1	— 1	0	0	0	0	0	0
D.....	— 2	— 2	— 1	0	0	0	1	1
E.....	— 5	— 5	— 2	— 1	0	0	1	2
F.....	— 6	— 6	— 2	— 1	0	0	2	2
G.....	— 7	— 7	— 2	— 1	1	1	2	3
H.....	— 10	— 9	— 3	— 2	1	1	3	4
I.....	— 17	— 15	— 5	— 3	2	2	4	6
J.....	— 24	— 19	— 7	— 4	2	2	6	9
K.....	— 34	— 24	— 9	— 5	3	3	8	12
L.....	— 53	— 29	— 12	— 7	5	5	12	17
M.....	— 155	— 37	— 22	— 14	9	9	26	40
N.....	— 150	— 15	0	— 2	3	3	11	21
O.....	— 149	— 46	16	9	— 5	— 5	— 9	— 7
18.....	— 27	— 11	5	3	— 2	— 2	— 4	— 5
17.....	— 27	— 11	5	2	— 2	— 2	— 5	— 7
16.....	— 25	— 11	5	2	— 2	— 2	— 5	— 8
15.....	— 23	— 10	5	2	— 2	— 2	— 5	— 8
14.....	— 21	— 10	5	2	— 2	— 2	— 6	— 9
13.....	— 3	1	1	0	0	0	— 1	— 1
12.....	— 23	— 11	— 6	— 1	3	3	8	12
11.....	— 23	— 11	— 6	— 1	3	3	8	13
10.....	— 10	— 5	— 2	— 1	1	1	4	6
9.....	— 6	— 3	— 1	0	1	1	2	4
8.....	— 8	— 4	— 2	0	1	1	3	5
7.....	— 3	— 2	— 1	0	0	0	1	2
6.....	— 3	— 2	— 1	0	0	0	1	2
5.....	— 3	— 2	— 1	0	0	0	1	2
4.....	— 0	— 0	— 0	— 0	0	0	0	0
3.....	— 4	— 2	— 1	0	1	1	1	3
2.....	— 4	— 2	— 1	0	1	1	1	3
1.....	— 1	— 0	— 0	— 0	0	0	0	1
Total.....	— 83	— 45	— 23	22	71	71	105	
Total por top. ^a y comp. 113,7 kilómetros.....	55	55	55	55	55	55	55	
Total por top. ^a y comp. a cada profundidad.....	— 28	10	32	77	126	126	160	

Estas correcciones vienen expresadas en dinas, en unidades del cuarto orden decimal, aunque por simplificación de cálculo aparezcan multiplicadas por 10^4 .

TABLA III

Correcciones por topografía y compensación isostática.

NÚMERO Y NOMBRE DE ESTACIÓN	Profundidad 56,9 kms.	Profundidad 85,3 kms.	Profundidad 96 kms.	Profundidad 113,7 kms.	Profundidad 127,9 kms.	Profundidad 156,25 kms.	Profundidad 184,6 kms.
	Dinas	Dinas	Dinas	Dinas	Dinas	Dinas	Dinas
I Madrid.....	- 0,003	0,001	0,003	0,006	0,008	0,013	0,016
1 San Fernando.....	0,009	0,012	0,014	0,015	0,016	0,018	0,021
2 Duque	- 0,011	- 0,008	- 0,006	- 0,005	- 0,005	- 0,002	0,000
3 Granada.....	0,002	0,014	0,018	0,023	0,026	0,034	0,040
6 Cartagena.....	0,018	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,016
7 Torrejón.....	0,006	0,009	0,010	0,010	0,010	0,011	0,011
17 Huelva.....	0,008	0,012	0,014	0,015	0,017	0,020	0,023
18 Tarifa.....	0,005	0,006	0,007	0,007	0,008	0,010	0,012
29 Palencia.....	0,006	0,013	0,017	0,021	0,025	0,032	0,038
30 Alicante.....	- 0,003	0,000	0,002	0,003	0,004	0,006	0,007
31 Denia.....	0,003	0,006	0,007	0,007	0,008	0,010	0,010
32 Valencia.....	- 0,014	- 0,015	- 0,014	- 0,014	- 0,014	- 0,012	- 0,011
34 Roquetas.....	- 0,024	- 0,022	- 0,021	- 0,020	- 0,019	- 0,017	- 0,015
43 Toledo.....	- 0,009	- 0,005	- 0,003	- 0,001	0,001	0,006	0,010
44 Cuenca.....	0,010	0,020	0,024	0,028	0,032	0,038	0,045
45 Teruel.....	- 0,005	0,006	0,010	0,016	0,020	0,027	0,034
48 Sigüenza.....	0,015	0,024	0,028	0,032	0,036	0,043	0,050
54 Ciudad Real.....	0,004	0,009	0,011	0,014	0,016	0,020	0,025
57 Fuenteovejuna.....	0,021	0,027	0,030	0,032	0,035	0,039	0,043
58 Cortegana.....	0,054	0,061	0,065	0,067	0,070	0,075	0,079
59 Plasencia.....	- 0,008	- 0,007	- 0,005	- 0,003	- 0,001	0,006	0,009
60 Sevilla.....	- 0,009	- 0,007	- 0,006	- 0,005	- 0,004	- 0,001	0,001
61 Écija.....	- 0,010	- 0,009	- 0,007	- 0,006	- 0,005	- 0,002	0,001
62 Andújar.....	- 0,024	- 0,022	- 0,020	- 0,019	- 0,018	- 0,014	- 0,010
63 Baza.....	0,017	0,030	0,034	0,040	0,044	0,051	0,057
4 Lorca.....	0,005	0,011	0,013	0,015	0,017	0,020	0,023
65 Cieza.....	- 0,017	- 0,012	- 0,010	- 0,008	- 0,006	- 0,002	0,001
66 Albacete.....	0,005	0,011	0,014	0,018	0,020	0,026	0,031
67 Alcázar de San Juan...	0,002	0,007	0,009	0,012	0,014	0,019	0,023
87 Málaga.....	- 0,012	- 0,010	- 0,009	- 0,008	- 0,007	- 0,005	- 0,003
88 Motril.....	- 0,017	- 0,014	- 0,013	- 0,012	- 0,011	- 0,009	- 0,007

El examen de dicha tabla III pone de manifiesto que el efecto de la topografía y compensación aumenta algebraicamente con el aumento de la profundidad para todas las estaciones menos para la 6, Cartagena, en que dicho efecto disminuye. La máxima variación al pasar de la profundidad de 56,9 kilómetros a la de 184,6 corresponde a la estación 63, Baza, con 0,040 dina. Las mayores variaciones se notan en las estaciones situadas en regiones montañosas, como en dicha estación de Baza; en la 3, Granada; 44, Cuenca; 45, Teruel, etcétera. En cambio, las menores variaciones se señalan en las estaciones costeras, que arrojan un promedio de 0,008 dina al pasar de la menor a la mayor profundidad.

El promedio general de la variación para las 31 estaciones es de 0,018 dina.

Deducidas las correcciones por topografía y compensación para diversas profundidades, se pueden calcular las anomalías de la gravedad correspondientes $g-g_c$.

Por g se designa el valor experimental de la gravedad observada en cada estación, y por g_c el valor de la gravedad calculado, que se deduce, aplicando a la gravedad teórica γ_0 correspondiente, las correcciones por elevación de la estación sobre el nivel del mar y por topografía y compensación. La gravedad teórica, que sólo depende de la latitud, está calculada por la fórmula de Bowie número 2.

$$\gamma_0 = 978.039 (1 + 0,005294 \operatorname{sen}^2 \varphi - 0,000007 \operatorname{sen}^2 2\varphi).$$

La tabla IV contiene las coordenadas geográficas, la gravedad teórica, las correcciones por elevación y los valores de la gravedad observada correspondientes a cada una de las estaciones.

TABLA IV

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	ELEV-	GRAVEDAD	CORRECCIÓN	GRAVEDAD
			ACIÓN — Metros	TEÓRICA — γ_0	POR ELEVACIÓN	OBSERVADA — g
I Madrid	40° 24,5	3° 41,0 O.	656	Dinas	Dinas	Dinas
1 San Fernando.....	36° 28,0	6° 12,3 >	44	979,862	- 0,014	979,830
2 Duque.....	36° 29,2	4° 57,4 >	7	979,864	- 0,002	979,912
3 Granada.....	37° 11,0	3° 36,0 >	669	979,924	- 0,206	979,669
6 Cartagena	37° 36,0	0° 59,0 >	3	979,960	- 0,001	980,035
7 Torrejón.....	38° 00,1	0° 39,1 >	2	979,995	- 0,001	980,032
17 Huelva	37° 16,0	6° 57,3 >	46	679,931	- 0,014	979,971
18 Tarifa	36° 00,0	5° 37,0 >	29	979,822	- 0,009	979,748
29 Palencia	42° 01,0	4° 32,0 >	717	980,352	- 0,221	980,151
30 Alicante	38° 21,0	0° 29,0 >	40	980,026	- 0,012	980,042
31 Denia	38° 51,0	0° 06,0 E.	5	980,070	- 0,002	980,098
32 Valencia.....	39° 29,0	0° 23,0 O.	6	980,126	- 0,002	980,127
34 Roquetas	40° 49,0	0° 30,0 E.	43	980,244	- 0,013	980,220
43 Toledo.....	39° 51,0	4° 01,0 O.	520	980,158	- 0,160	980,015
44 Cuenca	40° 05,0	2° 08,0 >	919	980,179	- 0,284	979,899
45 Teruel.....	40° 27,0	1° 07,0 >	908	980,212	- 0,280	979,925
48 Sigüenza.....	41° 04,0	2° 38,0 >	999	980,267	- 0,308	980,011
54 Ciudad Real.....	38° 59,0	3° 56,0 >	628	980,082	- 0,194	979,925
57 Fuenteovejuna.....	38° 16,0	5° 27,0 >	616	980,018	- 0,190	979,900
58 Cortegana	37° 54,0	6° 47,0 >	765	979,987	- 0,236	979,895
59 Plasencia	40° 02,0	6° 03,0 >	369	980,175	- 0,114	980,073
60 Sevilla.....	37° 23,0	5° 59,0 >	11	979,941	- 0,003	979,965
61 Écija	37° 32,0	5° 05,0 >	105	979,954	- 0,032	979,888
62 Andújar	38° 03,0	4° 03,0 >	207	980,000	- 0,064	979,943
63 Baza	37° 30,0	2° 45,0 >	858	979,951	- 0,265	979,669
64 Lorca	37° 40,0	1° 42,0 >	330	979,966	- 0,102	979,897
65 Cieza.....	38° 15,0	1° 25,0 >	183	980,017	- 0,056	979,932
66 Albacete	39° 00,0	1° 51,0 >	678	980,083	- 0,209	979,898
67 Alcázar de San Juan.	39° 24,0	3° 12,0 >	648	980,119	- 0,200	979,933
87 Málaga	36° 43,0	4° 25,2 >	61	979,884	- 0,019	979,918
88 Motril	36° 45,0	3° 30,2 >	53	979,886	- 0,016	979,901

Combinando los datos contenidos en las tablas III y IV se obtiene la tabla V, en la que figuran los valores de las anomalías de la gravedad para las diversas profundidades de compensación consideradas.

Según el cálculo de probabilidades, la profundidad de compensación más probable entre las siete consideradas es aquella para la cual la suma de los cuadrados de las anomalías correspondientes sea mínima. Esto supone, como afirma Mr. Bowie, que las anomalías resultantes de tener en cuenta la compensación isostática se deben considerar como residuos producidos sólo por errores accidentales, pudiendo ser, por consiguiente, tanto positivos como negativos.

Hemos reunido en la tabla VI los cuadrados de las anomalías y la suma de los mismos.

El examen de dicha tabla pone de manifiesto que el valor mínimo para la suma de dichos cuadrados se alcanza con la profundidad de 96 kilómetros que, por tanto, se debe aceptar como la más probable para España, mientras no se posean mayor número de estaciones de gravedad reducidas isostáticamente que puedan modificar dicha conclusión.

Este valor de la profundidad es el mismo que Mr. Bowie, en su obra antes citada: *Investigations of Gravity and Isostasy*, dedujo como el mejor para los Estados Unidos, como consecuencia de las observaciones geodésicas allí realizadas hasta principios del año 1916.

TABLA V

Anomalías para varias profundidades de compensación.

ESTACIONES	$g-g_c$	$g-g_c$	$g-g_c$	$g-g_c$	$g-g_c$	$g-g_c$	$g-g_c$
	56,9 kms.	85,3 kms.	96 kms.	113,7 kms.	127,9 kms.	156,25 kms.	184,6 kms.
Dinas	Dinas	Dinas	Dinas	Dinas	Dinas	Dinas	Dinas
1 Madrid.....	-0,022	-0,026	-0,028	-0,031	-0,033	-0,038	-0,041
1 San Fernando.....	-0,027	-0,030	-0,032	-0,033	-0,034	-0,036	-0,039
2 Duque.....	0,061	0,058	0,056	0,055	0,055	0,052	0,050
3 Granada.....	-0,051	-0,063	-0,067	-0,072	-0,075	-0,088	-0,089
6 Cartagena.....	0,058	0,057	0,057	0,057	0,058	0,058	0,060
7 Torrejón.....	0,032	0,029	0,028	0,028	0,028	0,027	0,027
17 Huelva.....	0,046	0,042	0,040	0,039	0,037	0,034	0,031
18 Tarifa.....	-0,070	-0,071	-0,072	-0,072	-0,073	-0,075	-0,077
29 Palencia.....	0,014	0,007	0,008	-0,001	-0,006	-0,012	-0,018
30 Alicante.....	0,031	0,028	0,026	0,025	0,024	0,022	0,021
31 Denia.....	0,027	0,024	0,023	0,023	0,022	0,020	0,020
32 Valencia.....	0,017	0,018	0,017	0,017	0,017	0,015	0,014
34 Roquetas.....	0,018	0,011	0,010	0,009	0,008	0,006	0,004
43 Toledo.....	0,026	0,022	0,020	0,018	0,016	0,011	0,007
44 Cuenca.....	-0,006	-0,016	-0,020	-0,024	-0,028	-0,034	-0,041
45 Teruel.....	-0,002	-0,018	-0,017	-0,023	-0,027	-0,034	-0,041
48 Sigüenza.....	0,087	0,028	0,024	0,020	0,016	0,009	0,002
54 Ciudad Real.....	0,033	0,028	0,026	0,023	0,021	0,017	0,012
57 Fuenteovejuna.....	0,051	0,045	0,042	0,040	0,037	0,033	0,029
58 Cortegana.....	0,090	0,088	0,079	0,077	0,074	0,069	0,065
59 Plasencia.....	0,020	0,019	0,017	0,015	0,013	0,011	0,003
60 Sevilla.....	0,086	0,034	0,033	0,032	0,031	0,028	0,026
61 Écija.....	-0,024	-0,025	-0,027	-0,028	-0,029	-0,032	-0,035
62 Andújar.....	0,031	0,029	0,027	0,026	0,025	0,021	0,017
63 Baza.....	-0,034	-0,047	-0,051	-0,057	-0,061	-0,068	-0,074
64 Lorca.....	0,028	0,022	0,020	0,018	0,016	0,013	0,010
65 Cieza.....	-0,012	-0,017	-0,019	-0,021	-0,023	-0,027	-0,030
66 Albacete.....	0,019	0,018	0,010	0,006	0,004	-0,002	-0,007
67 Alcázar de San Juan.....	0,012	0,007	0,005	0,002	0,000	-0,005	-0,009
87 Málaga.....	0,065	0,063	0,062	0,061	0,060	0,058	0,056
88 Motril.....	0,048	0,045	0,044	0,043	0,042	0,040	0,038

TABLA VI

Cuadrados de las anomalías y suma de los mismos.

$(g-g_c)^2$	$(g-g_c)^2$	$(g-g_c)^2$	$(g-g_c)^2$	$(g-g_c)^2$	$(g-g_c)^2$	$(g-g_c)^2$
56,9 kilómetros	85,3 kilómetros	96 kilómetros	113,7 kilómetros	127,9 kilómetros	156,25 kilómetros	184,6 kilómetros
0,000484	0,000676	0,000784	0,000961	0,001089	0,001444	0,001681
0,000729	0,000900	0,001024	0,001089	0,001156	0,001296	0,001521
0,008721	0,008364	0,008186	0,003025	0,003025	0,002704	0,002500
0,002601	0,008969	0,004489	0,005184	0,006625	0,006889	0,007921
0,003364	0,008249	0,003249	0,003249	0,003864	0,003364	0,003600
0,001024	0,000841	0,000784	0,000784	0,000784	0,000729	0,000729
0,002116	0,001764	0,001600	0,001521	0,001369	0,001156	0,000961
0,004900	0,005041	0,005184	0,005184	0,005329	0,005625	0,005929
0,000196	0,000049	0,000009	0,000001	0,000025	0,000144	0,000824
0,000961	0,000784	0,000676	0,000625	0,000576	0,000484	0,000441
0,000729	0,000576	0,000529	0,000529	0,000484	0,000400	0,000400
0,000289	0,000324	0,000289	0,000289	0,000289	0,000225	0,000196
0,000169	0,000121	0,000100	0,000081	0,000064	0,000036	0,000016
0,000676	0,000484	0,000400	0,000324	0,000256	0,000121	0,000049
0,000036	0,000256	0,000400	0,000576	0,000784	0,001156	0,001681
0,000004	0,000169	0,000289	0,000529	0,000729	0,001156	0,001681
0,001369	0,000784	0,000576	0,000400	0,000256	0,000081	0,000004
0,001089	0,000784	0,000676	0,000529	0,000441	0,000289	0,000144
0,002601	0,002025	0,001764	0,001600	0,001369	0,001089	0,000841
0,006100	0,006889	0,006241	0,005929	0,005476	0,004761	0,004225
0,000400	0,000861	0,000289	0,000235	0,000169	0,000121	0,000009
0,001296	0,001156	0,001089	0,001024	0,000961	0,000784	0,000676
0,000576	0,000625	0,000729	0,000784	0,000841	0,001024	0,001225
0,000961	0,000841	0,000729	0,000676	0,000625	0,000441	0,000289
0,001156	0,002209	0,002601	0,003249	0,003721	0,004624	0,005476
0,000784	0,000484	0,000400	0,000324	0,000256	0,000169	0,000100
0,000144	0,000289	0,000861	0,000441	0,000529	0,000729	0,000900
0,000361	0,000169	0,000100	0,000086	0,000016	0,000004	0,000049
0,000144	0,000049	0,000025	0,000004	0,000000	0,000025	0,000081
0,004225	0,008969	0,008844	0,008721	0,008600	0,008364	0,008186
0,002304	0,002025	0,001936	0,001849	0,001764	0,001600	0,001444
0,047509	0,045226	0,044302	0,044742	0,044972	0,046034	0,048229

INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS

EN LA

CUENCA POTÁSICA DE CATALUÑA

POR LOS INGENIEROS

**M. BARANDICA, J. GARCÍA SIÑERIZ,
J. MILANS DEL BOSCH, R. GIL Y G. SANS HUELIN**

**INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS
EN LA
CUENCA POTÁSICA DE CATALUÑA**

PRÓLOGO

Acordada la realización y presentación al XIV Congreso Internacional de Geología del presente trabajo, fué necesario que la Comisión organizadora del mismo solicitara la colaboración de los Institutos Geográfico y Geológico para aunar los conocimientos físicos y geológicos indispensables a tal fin y que, hasta entonces, no concurrían juntos en ninguno de ellos.

A los Sres. Sans Huelin y García Siñeriz, del Instituto Geográfico, les corresponde la parte del trabajo referente a las observaciones de campo gravimétricas, y al Sr. Gil, también Ingeniero Geógrafo, con el Sr. Barandica, la correspondiente a las observaciones de campo magnéticas, habiendo realizado el Sr. Miláns del Bosch, del Instituto Geológico, la parte relativa a la geología e interpretación de resultados en relación con el yacimiento salino.

ZONA ELEGIDA

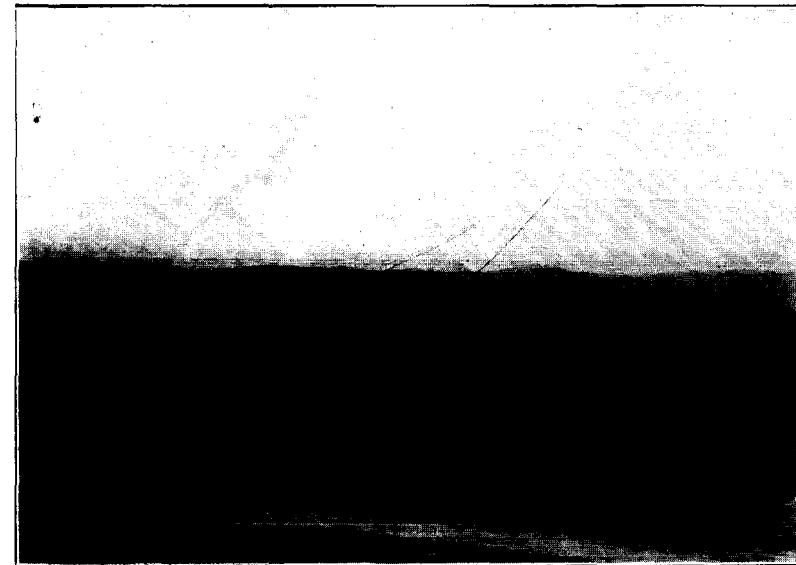
La zona elegida para efectuar las experiencias ha sido la enclavada en la parte oriental de la cuenca salina de Cataluña. Abarca una faja de terreno orientada de Norte a Sur, siguiendo



el valle surcado por el río Llobregat y queda comprendida en la zona reservada por el Estado.

Topográficamente considerada, no es la zona ideal preconizada por el inventor de la balanza de torsión y que ha sido siempre elegida hasta ahora por los que han hecho esta clase de experiencias. No se trata de una llanura y sí, en cambio, de una región bastante ondulada, donde se presentan alturas que llegan hasta 600 metros sobre el nivel ordinario, así como también depresiones escarpadas en las márgenes del cauce del río, algunas de bastante importancia. Desde luego se han hecho para todas las estaciones de balanza las correcciones topográficas y cartográficas necesarias, con lo que teóricamente deben considerarse anuladas las causas de perturbación originadas por dichos accidentes. Se trata además de una región tan interesante y de la que tanta riqueza espera nuestro país, que no hemos tenido inconveniente en operar en las condiciones citadas, ya que por otra parte será muy difícil que en España, dado lo accidentado de su suelo, puedan concurrir en una misma región las condiciones de interés minero-geológico y nivelación superficial que se encuentran simultáneamente en otros países. En tales condiciones, este trabajo servirá, en cierto modo, como una comprobación de la eficacia de la balanza y de la bondad de las correcciones aplicadas. De todas maneras, conviene hacer constar que las correcciones que se han llevado a cabo, como consecuencia de la acción cartográfica, han sido en general pequeñas y muchas veces nulas y que no siempre están en proporción con la altura o masa aparente del macizo que las ocasiona, influyendo primordialmente la naturaleza del terreno.

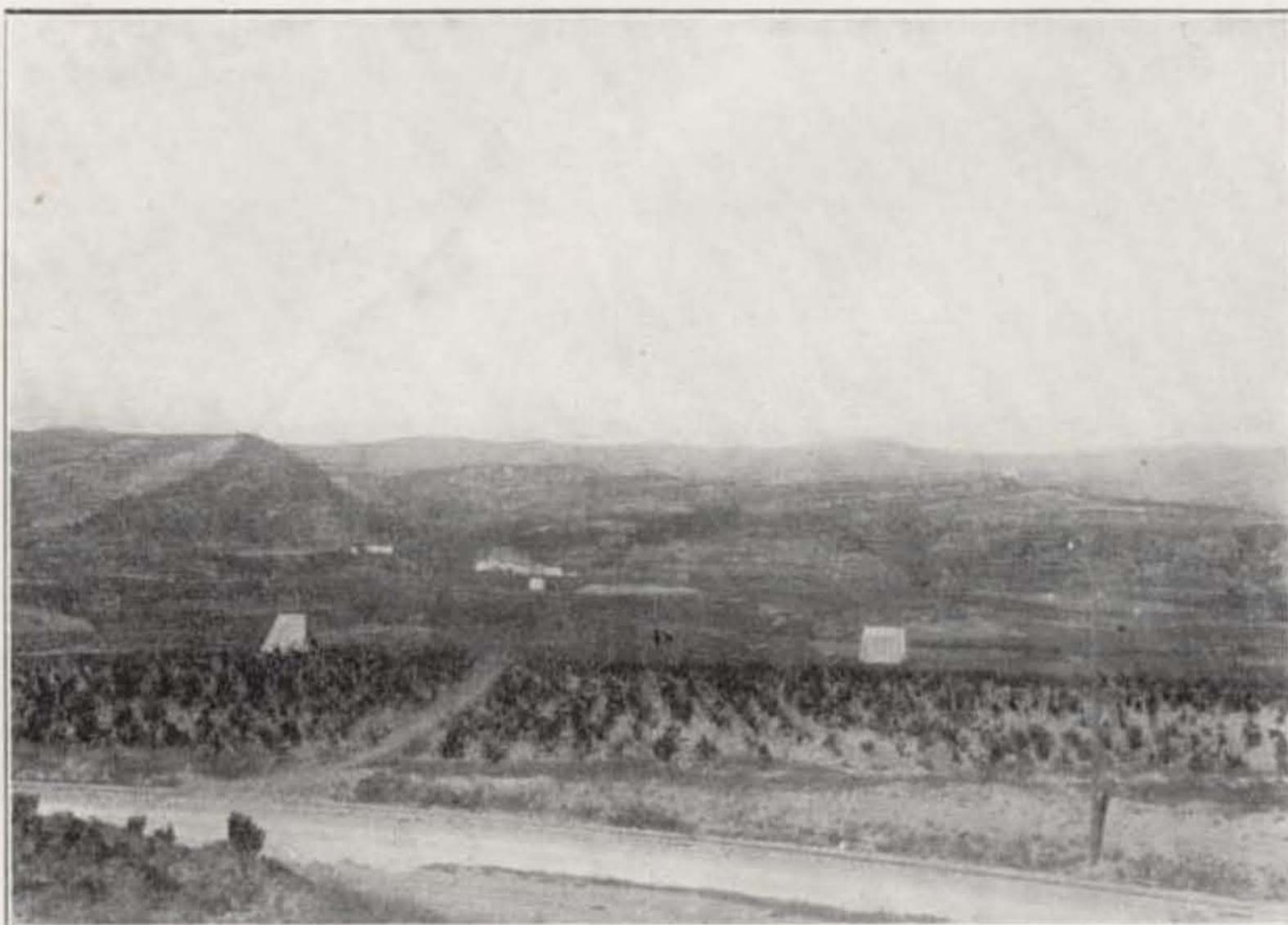
Se tuvo también en cuenta para la elección del sitio el que las comunicaciones fueran fáciles; siguiendo el valle citado existen una carretera y la línea del ferrocarril de Manresa a Berga.



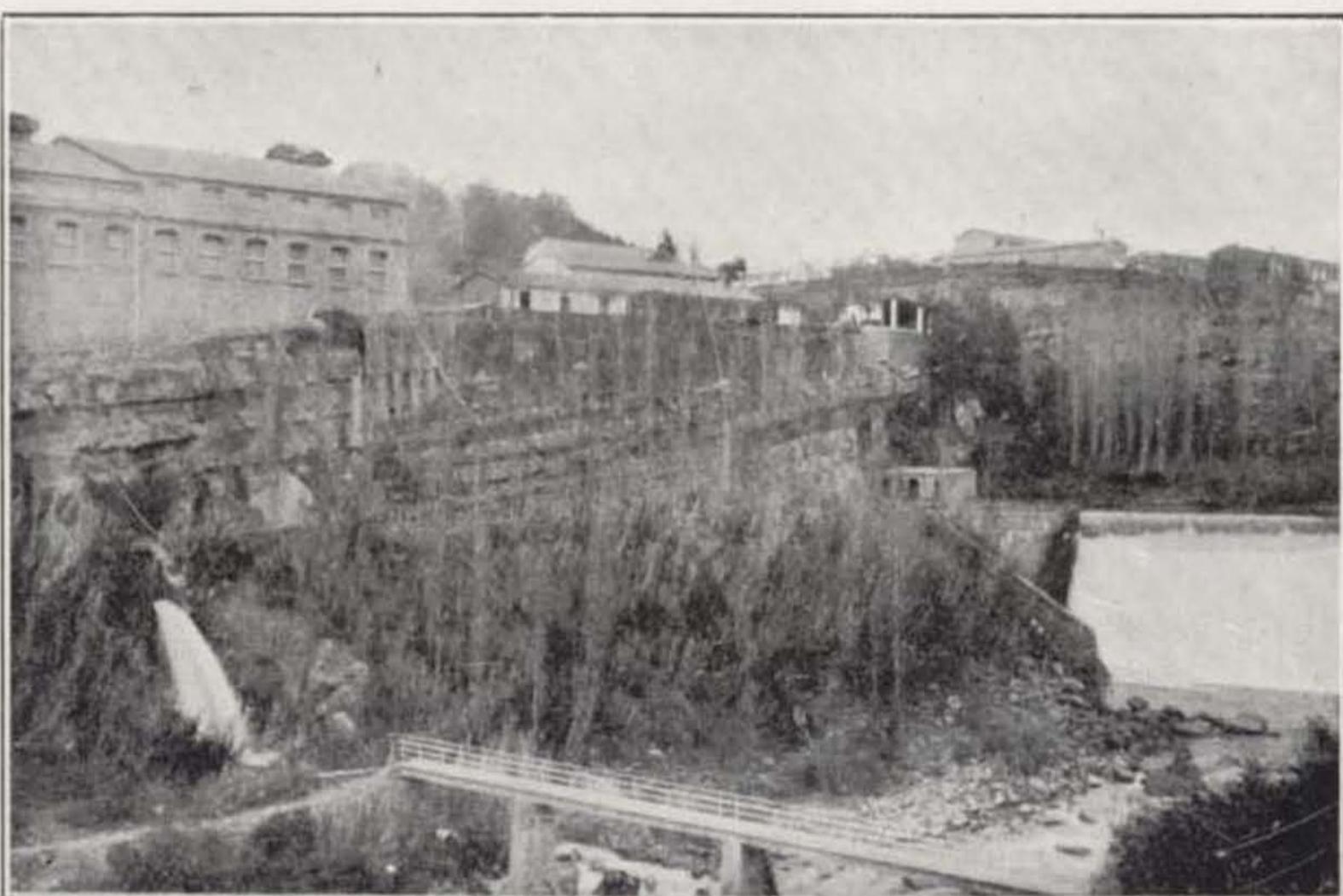
Fot. núm. 1. — Vista del terreno a levante de las estaciones gravimétricas núms. 9 y 10.



Fot. núm. 2. — Colonia y Fábrica Vidal. — Vista de las capas en la rama Sur del anticlinal de Puigreig.



Fot. núm. 1. — Vista del terreno a levante de las estaciones gravimétricas núms. 9 y 10.



Fot. núm. 2. — Colonia y Fábrica Vidal. — Vista de las capas en la rama Sur del anticlinal de Puigreig.

Como queda dicho, el terreno es algo accidentado; pasado el llano que se extiende al Norte de Manresa se entra en el valle del río, al principio bastante ancho, flanqueado por pequeñas alturas que van paulatinamente aumentando a medida que se sube hacia el Norte y el valle se estrecha (fot. núm. 1).

GEOLOGIA

Creemos de interés dar una ligera idea de la geología de la cuenca antes de entrar en el detalle de la que constituye la zona de estudio, remitiendo al lector, que desee conocerla más a fondo, a los interesantes folletos publicados por el Instituto Geológico de España: *Sales potásicas en Cataluña*, por los Ingenieros Sres. Rubio y Marín e *Investigaciones en la cuenca potásica de Cataluña*, por el Sr. Marín, de donde hemos tomado estas notas.

La cuenca potásica catalana está comprendida dentro de la gran mancha terciaria lacustre que ocupa una considerable extensión en el Noreste de España, constituida por los terrenos eoceno y oligoceno. Forma una gran sinclinal que se apoya por el Norte en el Pirineo, y por el Este y Sur en la cordillera del litoral catalán. Tiene toda ella un buzamiento al Norte-Noroeste, ocasionando que su régimen hidrográfico sea contrario al buzamiento de las capas.

Formada ya desde el cretáceo inferior la cordillera del litoral en época en que sus ríos desaguaban al Noroeste de ella, sobrevinieron durante el período eoceno movimientos importantes que produjeron el levantamiento principal de los Pirineos.

Trajo consigo este gran levantamiento, el nacimiento de varios ríos que vertían sus aguas en el mar numulítico que se había formado entre las cordilleras pirenaica y del litoral, coincidiendo con la retirada del mar en toda Europa. Sobre-



vino seguidamente, por consecuencia de las sacudidas del Pirineo, el aislamiento de este mar eoceno, transformándole en un lago, aunque en un principio el aislamiento no fuera absoluto y tuvieran entrada las aguas marinas de un modo intermitente. En este periodo, que coincide con el final del eoceno o principios del oligoceno, debió tener lugar el depósito de las sales de la región.

Pasada esa época, el régimen lacustre se consolidó, dando lugar a los depósitos del oligoceno inferior.

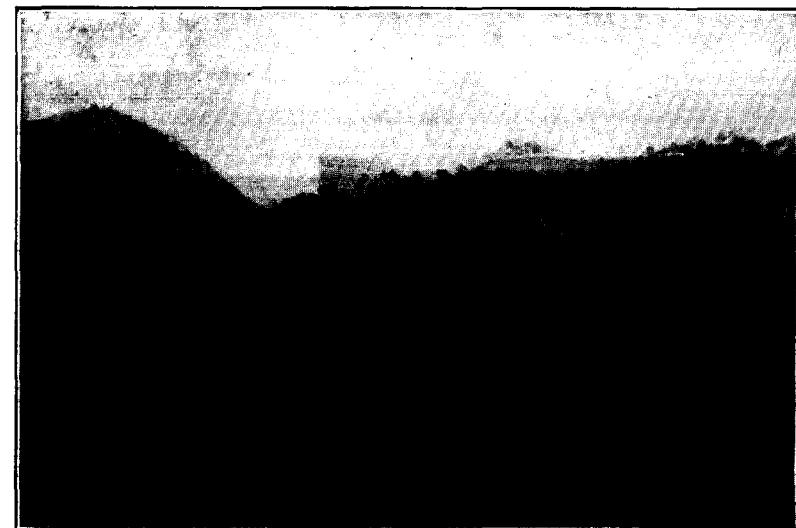
Sobrevinieron después, al final del oligoceno y principios del mioceno, esfuerzos tangenciales que ocasionaron el paso de las aguas al Mediterráneo y los pliegues anticlinales que cruzan la región. Estos accidentes tienen la dirección general Este-Noreste-Oeste-Suroeste, pareciendo, por consiguiente, que es oblicua con la dirección del Pirineo que está orientado Oeste 9° Norte a Este 9° Sur, aunque la dirección asignada a los cinco pliegues longitudinales importantes de Roustell (1) se aproxima a la de nuestros anticlinales. De éstos, los más notables son tres, que no necesitamos describir aquí, cuyo paso por la zona elegida para estas investigaciones se ha marcado en el plano y a los cuales se refieren las fotografías núms. 2, 3, 4 y 5.

Los depósitos salinos son de origen sedimentario de precipitación por desecación de mares interiores o lagunas de agua salada. Corrobora esta afirmación el haberse encontrado en la masa de sal restos de infusorios que alejan, por tanto, para ella toda acción de origen interno hidrotermal.

* * *

Presenta la cuenca de unos sitios a otros, en la sucesión de sus estratos, en la naturaleza de ellos y en su potencia, dife-

(1) *Etude stratigraphique des Pyrénées*, por J. Roustell.



Fot. núm. 3. — Margen izquierda del río. — Detalle de la rama Norte del anticlinal de Balsareny, en término de Navas.



Fot. núm. 4. — Carretera y ferrocarril a Berga. — Detalle en el kilómetro 18, de la rama Norte del anticlinal de Balsareny, margen derecha del río.



Fot. núm. 3. — Margen izquierda del río. — Detalle de la rama Norte del anticlinal de Balsareny, en término de Navas.



Fot. núm. 4. — Carretera y ferrocarril a Berga. — Detalle en el kilómetro 18, de la rama Norte del anticlinal de Balsareny, margen derecha del río.



Fot. núm. 5. — Ladera izquierda del Llobregat, al Sur de Sallent, en la rama Norte del anticlinal. A la izquierda se ve el pueblo de Sallent.

rencias tan grandes, que se hace difícil relacionarlos entre sí para determinar bien los horizontes que la integran.

Se apoya en distintos terrenos. En las partes Sur y Este, por la constitución de los bordes y por el resultado de los sondeos realizados en Suria, puede casi asegurarse que el *substratum* de la misma está formado por el eoceno. No será así en la Norte, en donde sus bordes muchas veces son secundarios, lo que parece indicar que en estos casos se encuentran los estratos oligocenos apoyados en los terrenos cretáceo, liásico y triásico. Este último terreno aparece formando asomos de pequeña extensión, correspondientes al tramo de las margas irisadas, con acompañamiento de ofitas, yesos y sal. En algunos puntos los yesos oligocenos se apoyan sobre los triásicos, lo que hace pensar en la posibilidad de que fueran los depósitos del triás los que proporcionaron los materiales salinos a las aguas que formaron el lago oligoceno.

En el orden ascendente, los horizontes que constituyen la cuenca terciaria que nos ocupa son los siguientes:

E O C E N O

Bartoniense.

1. Margas azules, muy fosilíferas, con *Nummulites Biarrizensis*; calizas con grandes *Cerythium*. Mucho desarrollo.
Ludiense.

2. Maciños, calizas y margas con yesos; poco fosilífero. Escaso desarrollo, faltando en muchos sitios.

O L I G O C E N O

Sannuasense.

3. Banco de anhidrita y yeso; 2 a 10 metros.
4. Zona potásica inferior (casi siempre falta); 2 a 8 metros.
5. Sal blanca o gris, en general pura; espesor medio, 200 a 300 metros.



6. Zona potásica superior; espesor medio, de 60 a 70 metros.
 7. Margas, sal común y anhidrita en lechos muy delgados; espesor medio, 40 a 50 metros.
 8. Margas grises y rojas, yesosas y saladas, a veces con bancos de arenisca, caliza y yesos, de espesor muy variable; espesor medio, de 100 a 200 metros.
 9. Margas rojas predominantes, margas grises con calizas, conglomerados y areniscas; hasta 1.000 metros de espesor.
 10. Yesos superiores, con margas y areniscas; 100 metros.
 11. Margas grises y rojas, con calizas fosilíferas y lignitos de Calaf.
 12. Calizas y molasas, con osamentas de Tárrega.

Estampiense.

- ### 13. Molasas y margas de Lérida.

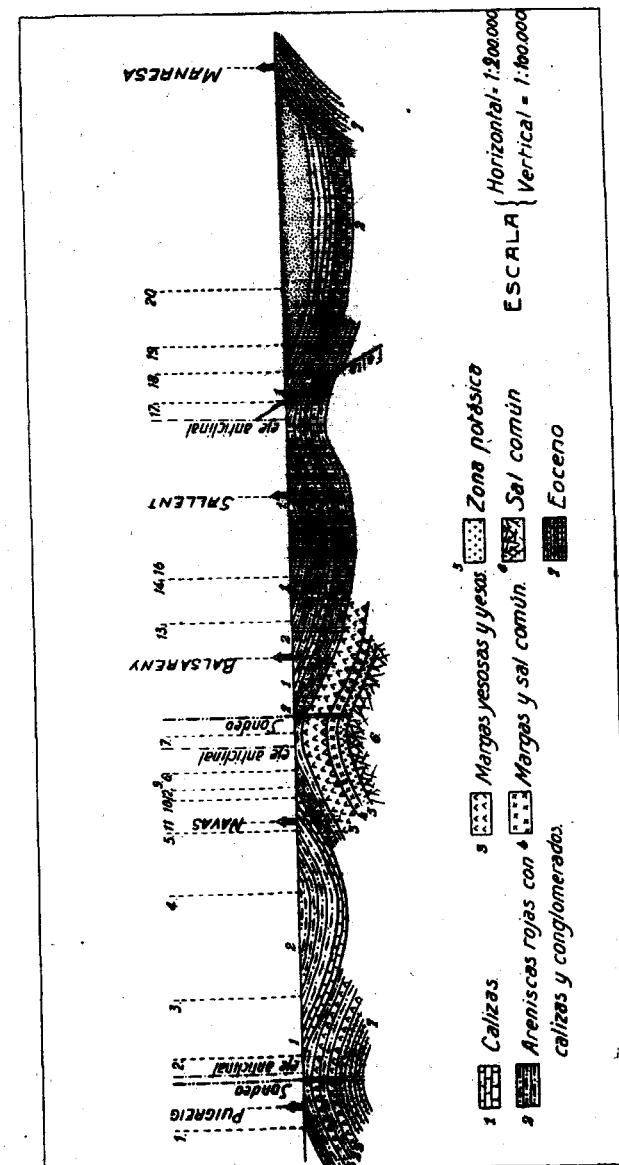
Algunos de estos horizontes faltan en muchos sitios y, dentro de un mismo nivel, los materiales que lo constituyen cambian frecuentemente de naturaleza, constitución y potencia.

En los bordes se presentan los conglomerados con margas, que lateralmente se van convirtiendo en areniscas y calizas, haciéndose gradualmente el paso de unas rocas a otras.

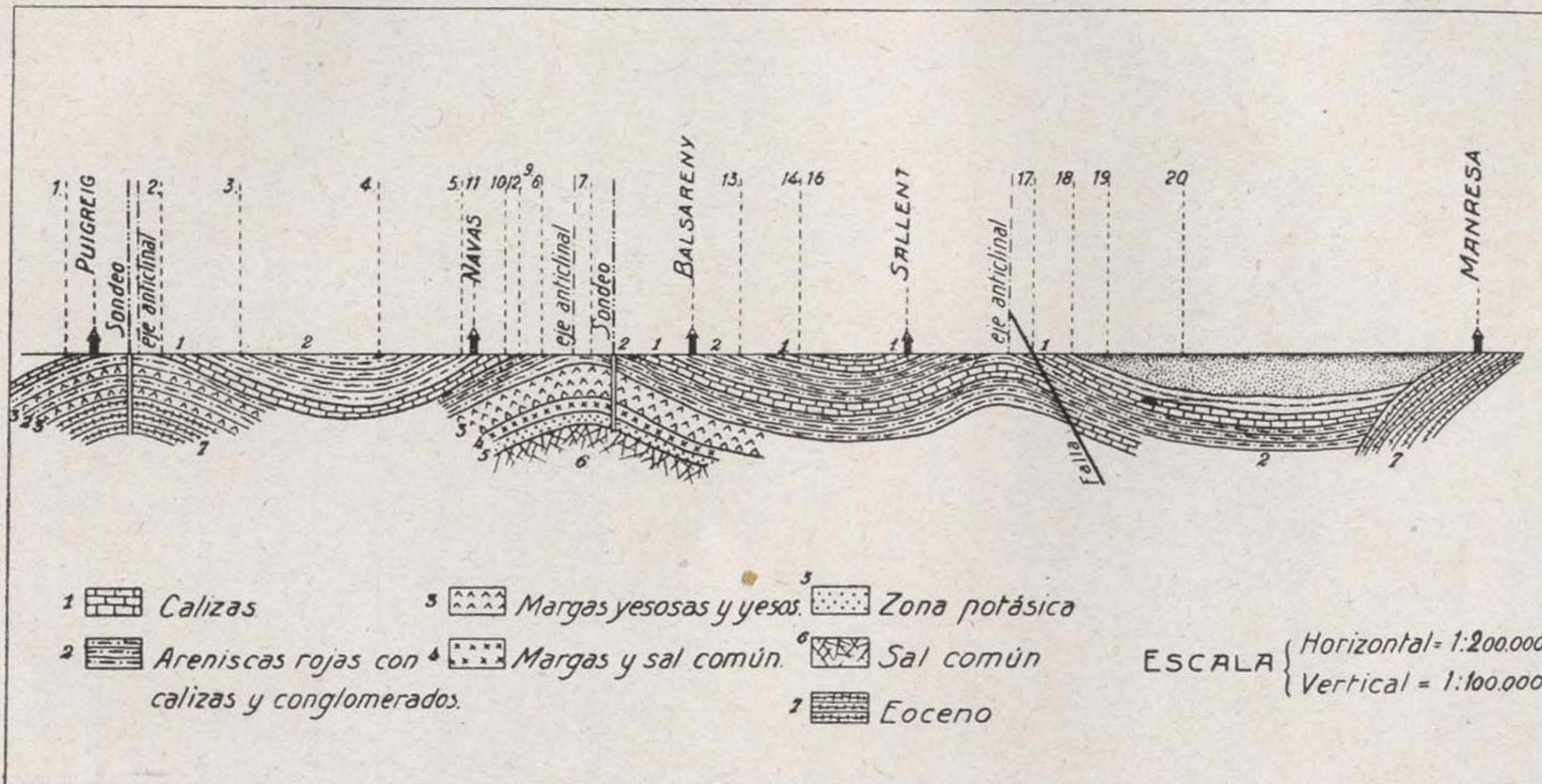
En la parte occidental y septentrional de la cuenca, predominan, después de las margas, las areniscas. En cambio, en la parte oriental y meridional son más frecuentes las calizas.

* * *

En el corte adjunto, trazado a lo largo del valle, en dirección Norte-Sur, puede verse claramente el detalle de la geología de la zona estudiada. La sucesión de los estratos atravesados en los sondeos hechos en Puigreig y Balsareny, es como sigue:



Corte geológico N.-S. de la zona estudiada.



Corte geológico N.-S. de la zona estudiada.



Sondeo de Puigreig

ESPESORES <i>Metros</i>	TERRENOS ATRAVESADOS
85	Margas, areniscas y conglomerados grises.
98	Idem íd. rojizas.
53	Idem y calizas.
67	Idem grises y rojizas con capas de yeso.
54	Idem íd. íd. y areniscas.
30	Idem arenisca y calizas grises.
37	Idem calizas, yesos y poca arenisca.
62	Areniscas grises, poca marga y conglomerado.
11	Margas y areniscas eocenas.

Sondeo de Balsareny

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

El fin perseguido con la investigación gravimétrica fué:

Una vez cortada la sal por los sondeos de Cardona y Balsareny y adquirida la seguridad de que faltaba en Puigreig, fijar los límites Norte y Sur de la formación salina, teniendo en cuenta, en lo que a esto último se refiere, que no podía rebasar hacia el Sur el contacto de los dos terrenos: oligoceno y eoceno.

Primeramente se llevaron a cabo las experiencias con la balanza de torsión y se hicieron las observaciones que se detallan a continuación:

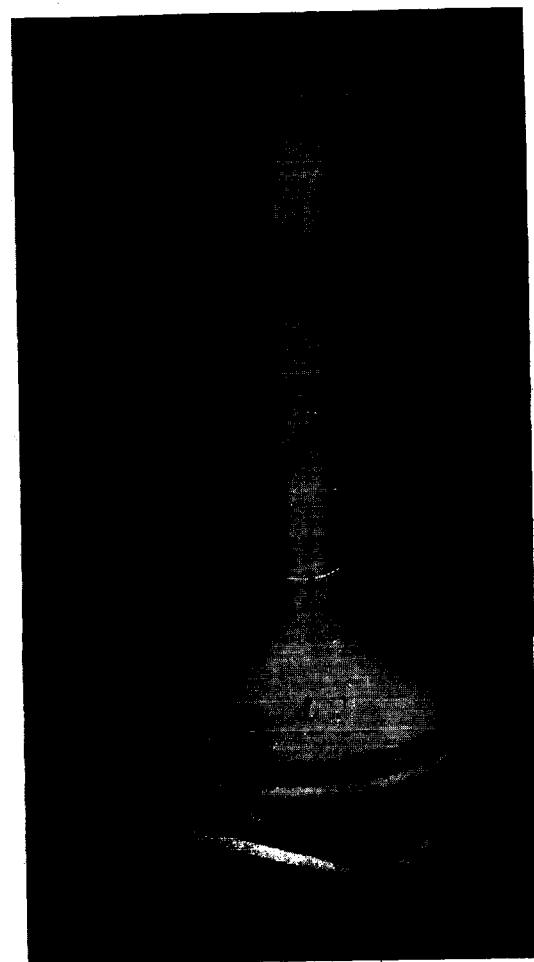
OBSERVACIONES CON LA BALANZA DE TORSIÓN

Se utilizó como aparato investigador la balanza de torsión Eötvös-Schweydar, marcada con la letra *S* y construida en los talleres Bamberg, de Berlin, en 1923.

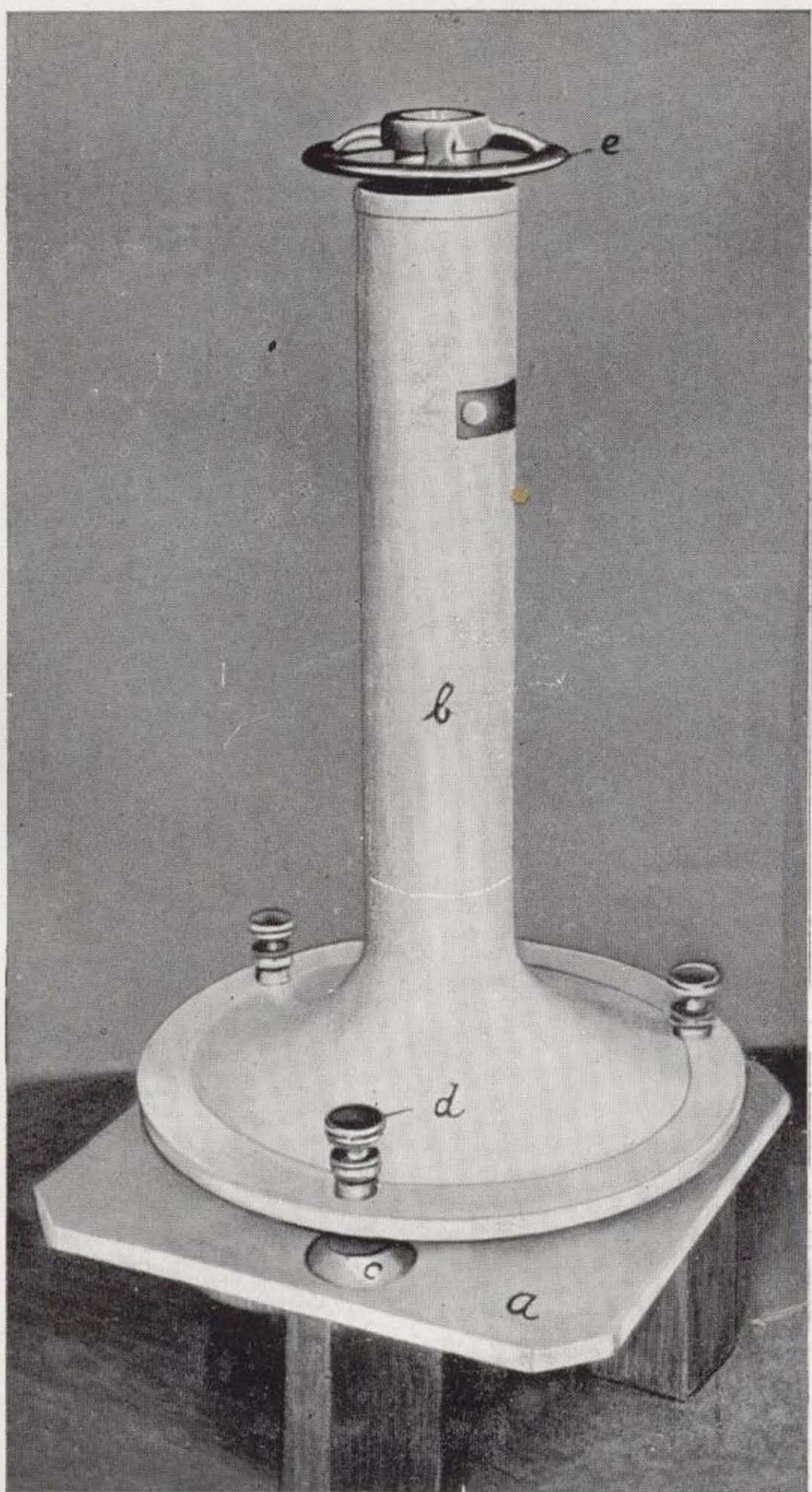
Descripción. — El aparato consta de tres partes esenciales, que se separan para el transporte del mismo en el campo y que rápidamente pueden acoplarse en el sitio escogido para estación (véanse las fotografías 6 y 7, que muestran al instrumento en diversos grados de acoplamiento de las partes integrantes). La parte inferior consiste en una columna hueca *b* provista de tres tornillos nivelantes *d* y de un volante *e* que acciona a un manguito de expansión y permite, una vez aflojado, el encaje de la parte media unida al eje general de giro del instrumento.

Sobre esta parte media se monta el cuerpo superior *i*, que contiene las balanzas y la disposición óptica para la observación de éstas. A dicho cuerpo se atornillan los tubos de triple envuelta *t₁* y *t₂* (fot. 8).

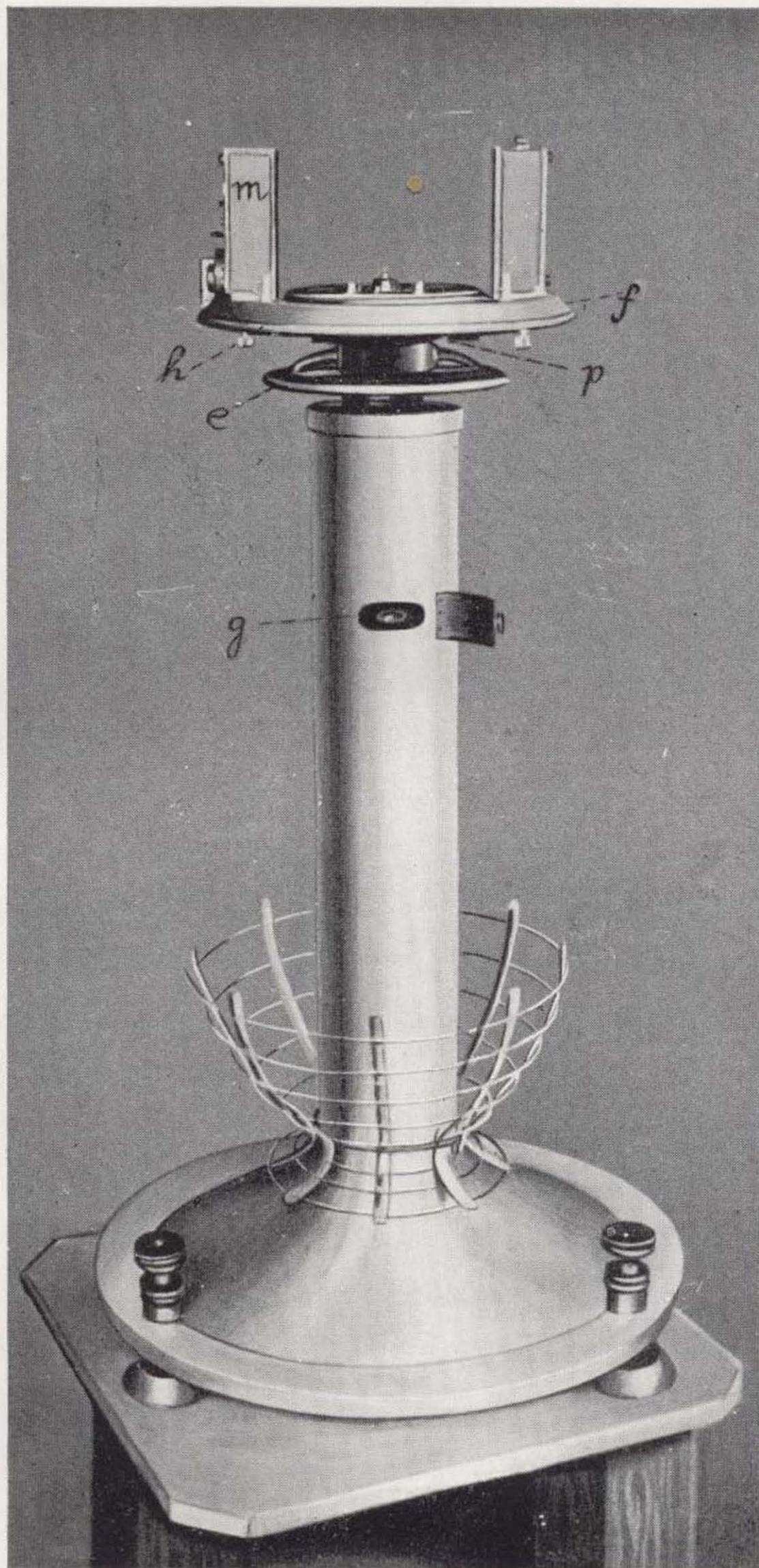
Ajustado al extremo superior del eje va un platillo de aluminio *f*, y sobre él un aparato de relojería *m*, que por medio de una rueda dentada engrana, con una corona dentada fija debajo del platillo, sobre un disco, que puede a voluntad hacerse o no solidario del platillo accionando unas palancas *p*. El aparato de relojería es asimismo susceptible de embragarse o desembragarse de la corona, manipulando un botón *n* (fot. 9). Desembragado se obtiene el movimiento rápido a mano del platillo y embragado, el lento automático. Convenientemente espa-



Fot. núm. 6.



Fot. númer. 6.



Fot. núm. 7.

ciados sobre el disco de la corona aparecen diez tornillos-topes *h*, que al ser atornillados tropiezan con unos trinquetes accionables que producen la detención del movimiento automático de giro. Los topes están distribuidos en un círculo de menor radio que la corona, y pueden combinarse entre sí para producir la parada en tres, cuatro o cinco posiciones. En el interior de la caja *m* que contiene el aparato de relojería, existe asimismo un núcleo electromagnético, cuya armadura vertical, al ser atraída, suelta al trinquette correspondiente que por su agarre en ella producía la parada del instrumento. A cada hora se cierra el circuito del electroimán con el auxilio de un reloj eléctrico de contactos, visible en la fotografía 8, que permite el paso de la corriente de un acumulador el tiempo suficiente para salvar el obstáculo del trinquette, al cabo del cual se desarma la armadura y cae por su peso, quedando preparada para engancharse en el trinquette siguiente, y efectuándose mientras tanto un giro suave y lento del instrumento, con lo que las balanzas apenas entran en conmoción, bastando ese período de una hora para que tomen la posición de equilibrio que corresponde a cada azimut.

Los hilos de torsión de platino con 10 por 100 de iridio tienen un diámetro de 0,04 milímetros. Estos hilos los adquiere de fábrica el Profesor Schveydar y luego los somete en su laboratorio de Potsdam a un tratamiento especial, cuyo detalle mantiene secreto, con el fin de envejecerlos artificialmente, pues de este modo se consigue que la tendencia que los hilos adquiridos en fábrica muestran a separarse de su posición de equilibrio, disminuya hasta hacerse inapreciable, efecto que en los hilos nuevos sólo se consigue con el tiempo, a veces hasta un año. El principio del tratamiento consiste en lastrar los hilos con un peso igual al que han de sufrir en el aparato y en someterlos a elevaciones graduales de temperatura y a enfriamientos lentos. Schveydar determina, asimismo, el coefi-

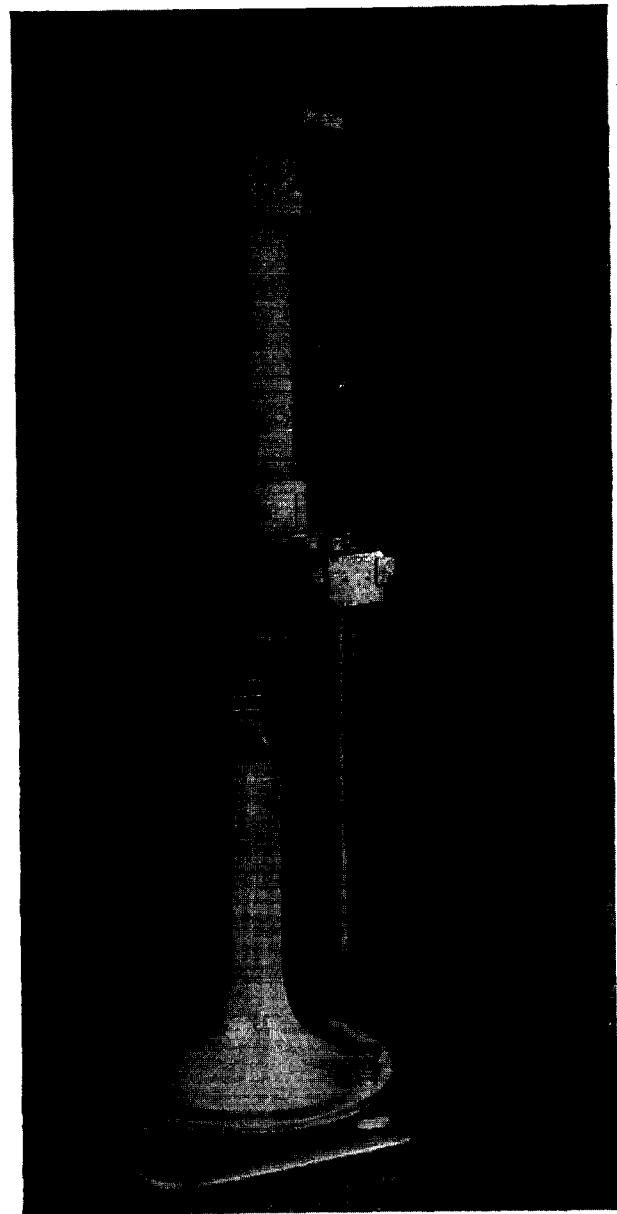


ciente de torsión y el coeficiente térmico de cada uno de los hilos que proporciona a los talleres Bamberg para las balanzas en construcción. De cada hilo H pende el brazo de la balanza correspondiente (fot. 10), que es un tubo de aluminio de 40 centímetros de longitud, B , unido rígidamente por su centro a una varita vertical V , donde va fijo un espejito rectangular S . Uno de los extremos del brazo lo forma un cilindro horizontal de oro O , de 30 gramos, mientras que del extremo opuesto cuelga, al final de un alambre de cobre de 62 centímetros, un contrapeso de latón C , lleno de plomo, también de 30 gramos.

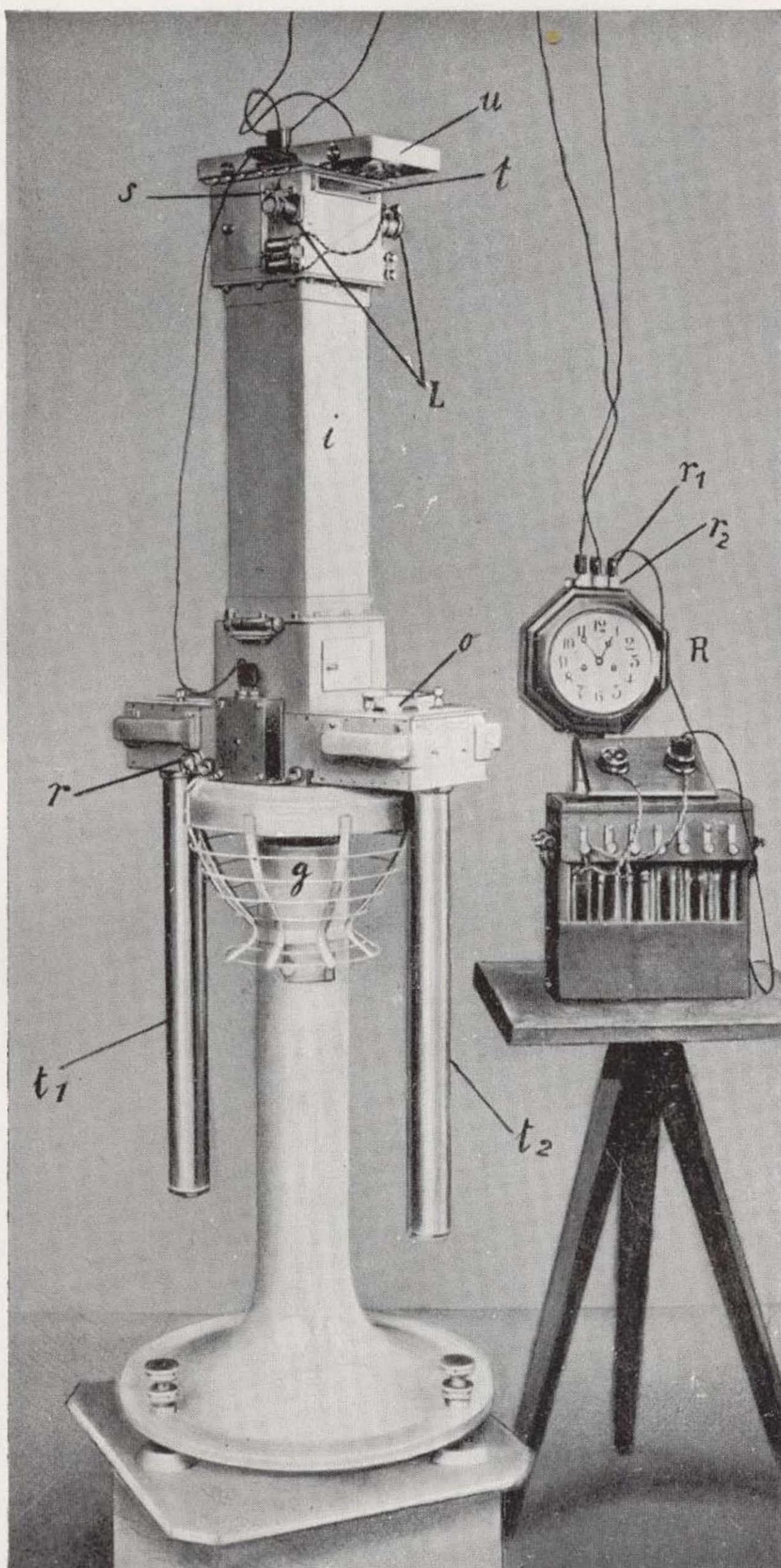
Las dos balanzas del aparato adquirido se distinguen una de otra con las letras S_I y S_{II} grabadas sobre las cámaras que contienen los brazos, sobre éstos y sobre los contrapesos de latón respectivos.

El brazo horizontal de cada balanza se mueve dentro de una cámara de oscilación cuyo fondo, móvil en sentido vertical, está constituido por una plancha metálica que apoya sobre dos excéntricas acopladas que pueden accionarse girando hacia la derecha o hacia la izquierda el botón r (fot. 8). A su vez, cerca de los extremos de cada brazo van montadas dos piezas-travesaños perpendiculares al brazo, de modo que girando el botón a la derecha empieza a remontarse el fondo hasta tropezar con los travesaños, deteniéndose entonces la oscilación del brazo sin basculeos, y continuando el giro se descarga el hilo de torsión, cesando el movimiento cuando los travesaños tropiezan con el techo de la cámara. Esta es la posición de transporte del instrumento, con las balanzas subidas, que se adopta asimismo siempre que no esté en funcionamiento.

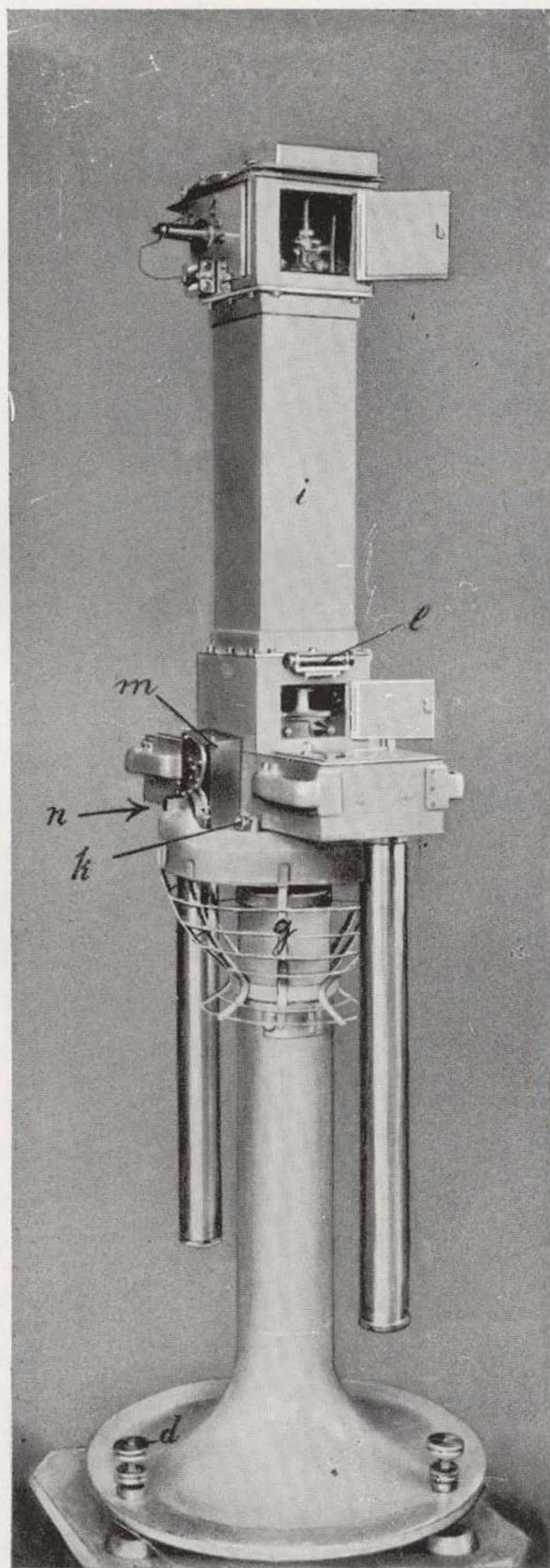
El hilo de torsión va soldado a dos plaquitas con ranuras que se fijan con tornillos a una cabeza de torsión y al extremo superior de la varita vertical del brazo.



Fot. núm. 8.



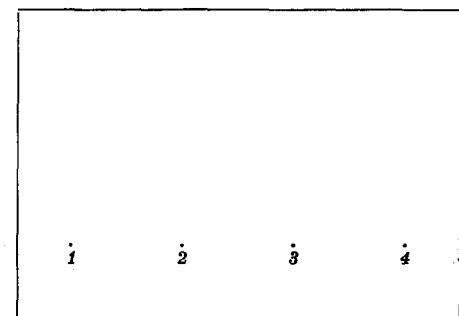
Fot. núm. 8.



Fot. núm. 9.

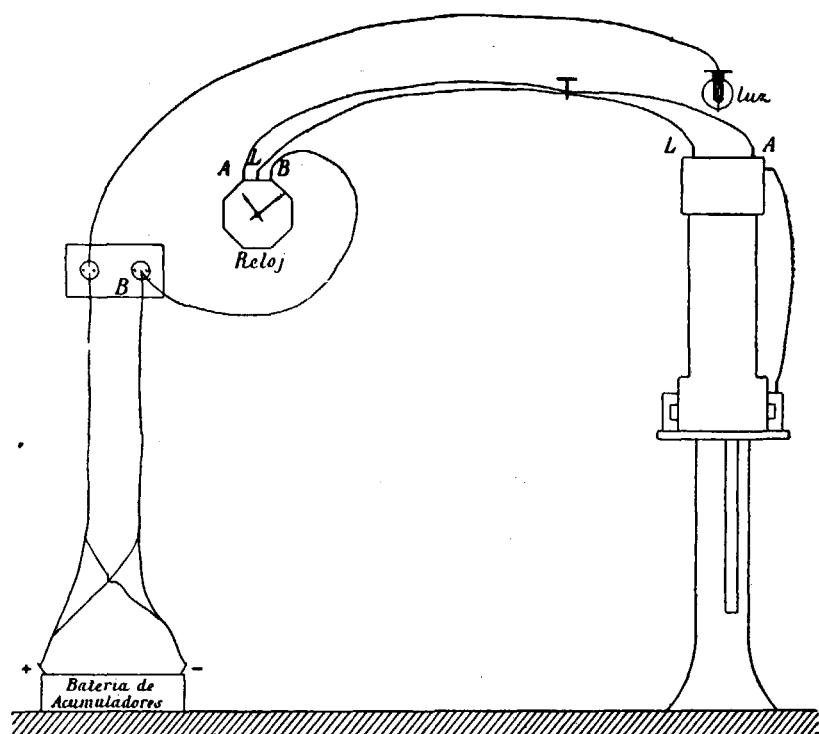
Las cabezas de torsión gemelas T son susceptibles de cuatro movimientos y sirven para colocar los brazos de las balanzas en la posición inicial debida.

La observación de los ángulos de torsión se hace por registro fotográfico sobre la parte superior del instrumento. Debajo del aparato registrador están dispuestas dos lamparitas eléctricas Osram L (fot. 8), que por el intermedio de prismas de reflexión total envían cada una su luz filtrada a través de un objetivo circular de diámetro muy reducido a dos espejos planos regulables (llamados *bock-spiegel* en alemán, que podríamos traducir por espejos de caballete, por la forma de ir montados), uno de los cuales es el designado con la letra s_1 en el corte de una de las balanzas, representado en la fotografía 11. Ese espejo envía rayos luminosos a través de una lente al espejito s , del brazo de la balanza, y al espejito s_2 , fijo a la envolvente más interior. Devueltos esos rayos al espejo s_1 , los dirige éste sobre la placa sensible, donde quedan impresionados dos puntos. Análogamente, existe para la otra balanza otro espejo similar al s_1 , que manda sobre la placa otros dos puntos luminosos, correspondientes a las reflexiones sobre el espejito de la varilla de dicha balanza

Fig. 1.^a

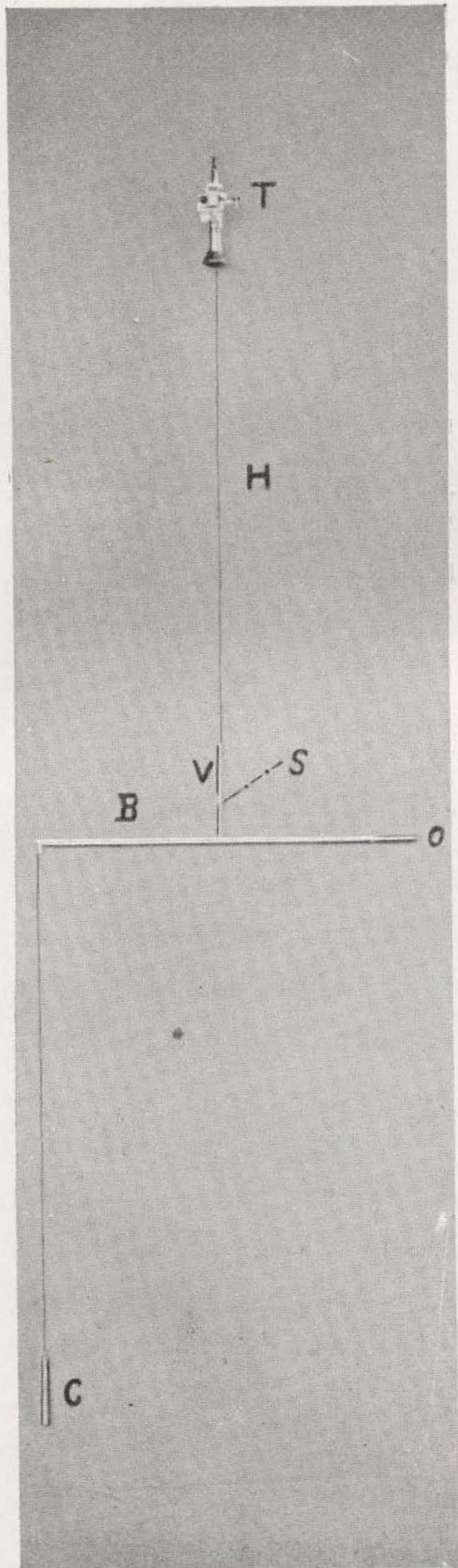
y sobre otro espejo termómetro fijo a una placa bimetálica de cobre y hierro. Sobre la placa sensible aparecen los puntos espaciados en una misma línea 1, 2, 3, 4 (fig. 1.^a), una vez hecha la debida corrección de imágenes. Interceptando la marcha de los cuatro rayos reflejados ascendentes por medio de un espejo que gira a chancela y que se acciona con el

botón *s* (fot. 8), se proyectan los puntos sobre una escala graduada de cristal deslustrado *t* que se observa desde el exterior. La placa fotográfica, $6,5 \times 9$ antihalo, está montada sobre un bastidor que un aparato de relojería hace mover a la velocidad de tres milímetros por hora. Como los registros de

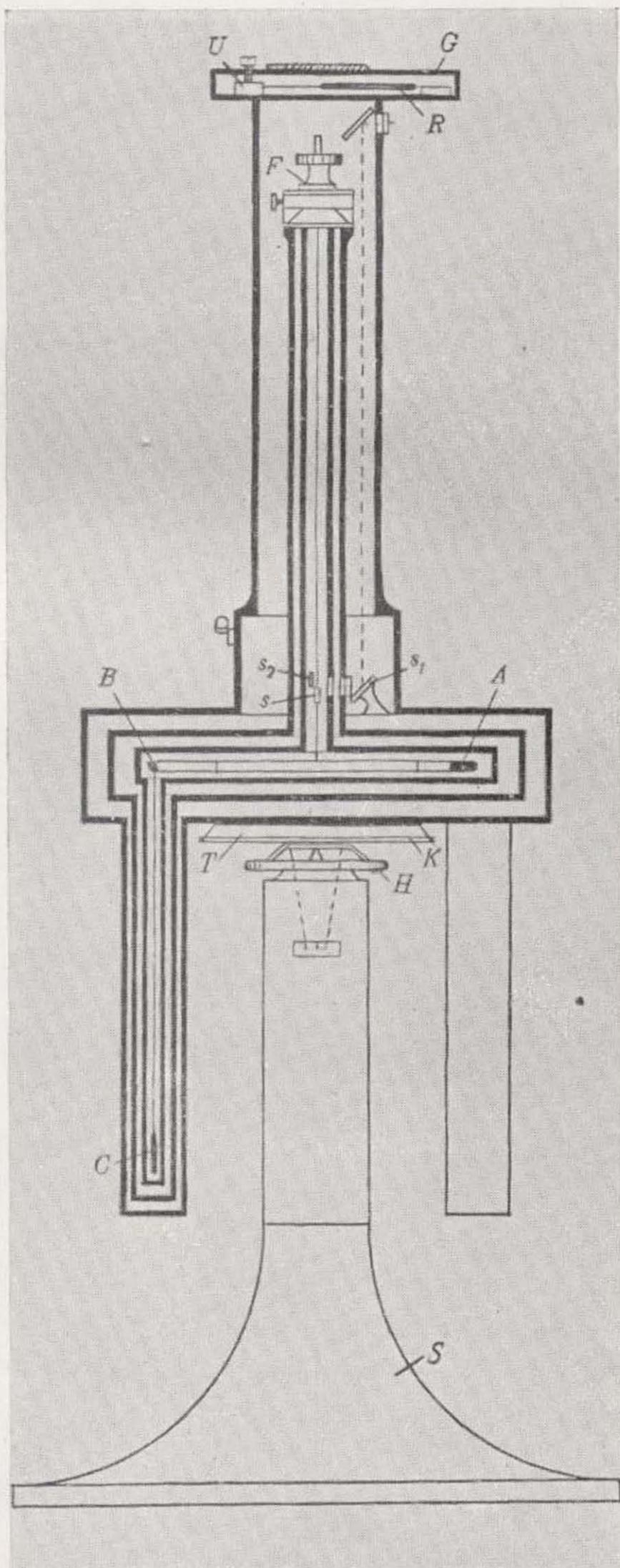
Fig. 2.^a

los cuatro puntos se hacen de hora en hora, queda así la suficiente separación de una hilera a la siguiente. Cada lámpara va ligada a una resistencia regulable para variar la intensidad del rayo luminoso.

Como elementos complementarios del instrumento existen dos niveles en ángulo recto, uno de ellos designado con la letra *l* en la fotografía 1.^a, una brújula o (fot. 8) para la orient-



Fot. núm. 10.



Fot. núm. 11.

tación de las balanzas, y una armadura de alambre g , sobre la que se monta una cubierta aisladora de pluma de ganso, que se fija con presillas alrededor del cuerpo superior i y de los tubos t_1 y t_2 .

El reloj eléctrico R (fot. 8) está dispuesto para enviar corriente a las lamparitas durante el minuto 59-60 de cada hora, impresionándose cuatro puntos sobre la placa. Al llegar el minutero al minuto 60 se corta el circuito de las lamparitas y entra en acción el que produce el movimiento azimutal del aparato. Estableciendo un puente entre los dos reóforos r_1 y r_2 del mismo reloj, se obtiene luz permanente en las lamparitas, necesaria para la corrección de las imágenes. Al aparato acompañan tres dobles enchufes, señalados con las letras B , L y A , que ligan entre sí al acumulador, reloj y variómetro, como indica la figura 2.^a

DESARROLLO DEL CÁLCULO Y FÓRMULA UTILIZADA

Designemos por n y n' (fig. 3.^a) las distancias (en milímetros y décimas de milímetro) de los puntos marcados de hora en hora por las balanzas S_I y S_{II} a los puntos de referencia correspondientes al espejo fijo. Situado el observador al Norte del aparato en su posición inicial, mirando hacia la escala, la balanza S_{II} cae a su derecha y la S_I a su izquierda, de modo que a no ser para fuertes ángulos de torsión, las distancias n , traducidas con una escala de cristal que construye Fuess, serán mayores que las n' .

Llámemos n_0 y n'_0 las distancias (incógnitas) que corres-

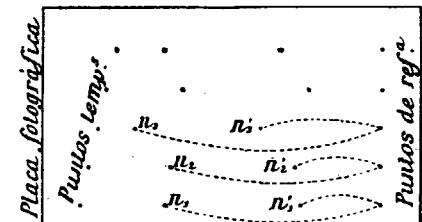


Fig. 3.^a

ponden a la posición de ambas balanzas sin torsión de los hilos.

La fórmula para el cálculo establecida por Eötvös, es:

$$n - n_0 = a \operatorname{sen} 2\alpha \left(\frac{d^2 U}{dy^2} - \frac{d^2 U}{dx^2} \right) + 2a \cos 2\alpha \frac{d^2 U}{dxdy} - b \operatorname{sen} \alpha \frac{d^2 U}{dxdz} + b \cos \alpha \frac{d^2 U}{dydz}$$

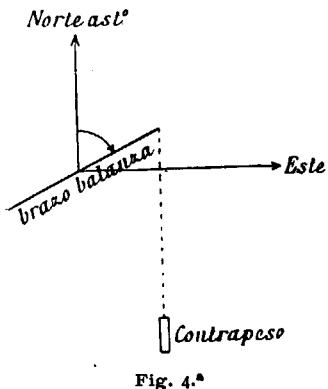


Fig. 4.*

En esta fórmula, α designa el azimut, contando desde el Norte hacia el Este (fig. 4.*). Hay que efectuar medidas de n y de n' en tres posiciones de las balanzas. Sobre una de las cubiertas de las cámaras de las balanzas va grabada la letra N . El cálculo se desarrolla como sigue:

		Balanza S_1	Balanza S_2
Posición I....	N en el Norte astronómico.	$\alpha_1 = 180^\circ, n_1$	$\alpha_1 = 0^\circ, n'_1$
Posición II....	N en azimut 120°	$\alpha_2 = 300^\circ, n_2$	$\alpha_2 = 120^\circ, n'_2$
Posición III... .	N en azimut 240°	$\alpha_3 = 60^\circ, n_3$	$\alpha_3 = 240^\circ, n'_3$

$$n_0 = \frac{1}{3} (n_1 + n_2 + n_3).$$

$$n'_0 = \frac{1}{3} (n'_1 + n'_2 + n'_3).$$

$$\begin{aligned} n_1 - n_0 &= \Delta_1 & n'_1 - n'_0 &= \Delta'_1 & \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 &= 0 \\ n_2 - n_0 &= \Delta_2 & n'_2 - n'_0 &= \Delta'_2 \\ n_3 - n_0 &= \Delta_3 & n'_3 - n'_0 &= \Delta'_3 & \Delta'_1 + \Delta'_2 + \Delta'_3 &= 0 \end{aligned}$$

$$10^9 \times \frac{d^2 U}{dxdz} = U_{xz} = \frac{dg}{dx} = \frac{a'}{2 \operatorname{sen} 60^\circ (a'b + ab')} \left[\Delta_2 - \Delta_3 - \frac{a}{a'} (\Delta'_2 - \Delta'_3) \right]$$

$$10^9 \times \frac{d^2 U}{dydz} = U_{yz} = \frac{dg}{dy} = \frac{a'}{a'b + ab'} \left[\Delta_2 - \Delta_3 - \frac{a}{a'} (\Delta'_2 + \Delta'_3) \right]$$

$$10^9 \times \frac{d^2 U}{dy^2} - \frac{d^2 U}{dx^2} = U_\Delta = - \frac{b'}{2 \operatorname{sen} 60^\circ (ab' + a'b)} \left[\Delta_2 - \Delta_3 + \frac{b}{b'} (\Delta'_2 - \Delta'_3) \right]$$

$$10^9 \times \frac{d^2 U}{dxdy} = U_{xy} = - \frac{b'}{2 (ab' + a'b)} \left[\Delta_2 + \Delta_3 + \frac{b}{b'} (\Delta'_2 + \Delta'_3) \right]$$

Las constantes a, b, a', b' , se calculan por las fórmulas

$$\begin{cases} a = \frac{D}{\tau} K \\ b = \frac{2D}{\tau} mlh \end{cases} \quad \begin{cases} a' = \frac{D}{\tau'} K' \\ b' = \frac{2D}{\tau'} m'l'h' \end{cases}$$

en las que representan:

K y K' , los momentos de inercia de las balanzas;

τ y τ' , los momentos de torsión de los hilos de platino;

m y m' , los gramos que pesan los contrapesos;

l la distancia del eje de giro de cada balanza al punto de suspensión de los contrapesos;

h y h' , las distancias de los centros de gravedad de los contrapesos a sus puntos de suspensión;

D , la distancia del espejo de cada balanza a la placa fotográfica.

Todas estas cantidades se expresan en el sistema C. G. S. (centímetros, gramos, segundos).

Los valores de K y K' , τ y τ' se determinan experimentalmente.

Las fórmulas utilizadas en las observaciones con la balanza S , son:

$$(cm.) U_{xz} = 1,31 \times [\Delta_2 - \Delta_3 - (\Delta'_2 - \Delta'_3)] \times 10^{-9}$$

$$(cm.) U_{yz} = 2,27 \times [\Delta_2 + \Delta_3 - (\Delta'_2 + \Delta'_3)] \times 10^{-9}$$

pues la investigación en la cuenca potásica se limitó a la determinación del gradiente máximo horizontal.

CÁLCULO DE LA ACCIÓN DEL TERRENO

Con los valores de las U así deducidos con auxilio de la balanza podrían calcularse el gradiente gravífico; radio de curvatura, etc., que corresponden al sitio de observación, pero las magnitudes gravíficas que así se dedujesen no interesan al

Geólogo, toda vez que son perturbadas por la acción de las masas próximas a la estación. Precisa, pues, calcular dicha influencia, que Eötvös denomina *acción del terreno*. Llamando *valor total* de las U el que resulta de las observaciones y en el que se reflejan todas las acciones, se denomina *valor topográfico* el que resulta de restar del valor total la acción del terreno.

Para el cálculo de dicha acción hay necesidad de efectuar en cada estación una serie de nivelaciones radiales en ocho direcciones, colocando la mira en circunferencias que distan 5, 20, 50 y 100 metros de la estación.

Las fórmulas propuestas por Eötvös para terrenos donde la pendiente no excede de siete a ocho grados, y que aparecen publicadas en la página 24 de su folleto *Bestimmung der Gradienten der Schwerkraft und ihrer Niveaumächen mit Hilfe der Drehwage*, han sido ligeramente modificadas por el Profesor Schveydar y son las que hemos empleado nosotros.

Son como siguen:

$$\begin{aligned} U_{xz} \times 10^6 &= \frac{\sigma}{1.8} \left[5.79 \epsilon^0 + \{ 0.0379 \epsilon (\xi_1 + \xi_8) + 0.0061 \epsilon (\xi_3 + \xi_7) + \right. \\ &+ 0.0221 \epsilon (\xi_2 + \xi_4 + \xi_6 + \xi_8) + 0.016 K (\xi_3 + \xi_6 - \xi_4 - \xi_8) \} \rho = 5 \text{ m.} \\ &+ \{ 0.1305 (\xi_1 - \xi_8) + 0.0922 (\xi_2 + \xi_8 - \xi_4 - \xi_6) \} \rho = 5 \text{ m.} \\ &+ \{ 0.0117 (\xi_1 - \xi_8) + 0.0083 (\xi_2 + \xi_6 - \xi_4 - \xi_8) \} \rho = 20 \text{ m.} \\ &+ \{ 0.0011 (\xi_1 - \xi_8) + (0.00077 (\xi_2 + \xi_6 - \xi_4 - \xi_8) \} \rho = 50 \text{ m.} \\ &+ \{ 0.00028 (\xi_1 - \xi_8) + 0.00020 (\xi_2 + \xi_6 - \xi_4 - \xi_8) \} \rho = 100 \text{ m.} \Big] \\ U_{yz} \times 10^6 &= \frac{\sigma}{1.8} \left[5.79 K^0 + \{ 0.0379 K (\xi_3 + \xi_7) + 0.0061 K (\xi_1 + \xi_5) + \right. \\ &+ 0.0221 K (\xi_2 + \xi_4 + \xi_6 + \xi_8) + 0.016 \epsilon (\xi_3 + \xi_6 - \xi_4 - \xi_8) \} \rho = 5 \text{ m.} \\ &+ \{ 0.1305 (\xi_3 - \xi_7) + 0.0922 (\xi_2 + \xi_4 - \xi_6 - \xi_8) \} \rho = 5 \text{ m.} \\ &+ \{ 0.0117 (\xi_3 - \xi_7) + 0.0083 (\xi_2 + \xi_4 - \xi_6 - \xi_8) \} \rho = 20 \text{ m.} \\ &+ \{ 0.0011 (\xi_3 - \xi_7) + 0.00077 (\xi_2 + \xi_4 - \xi_6 - \xi_8) \} \rho = 50 \text{ m.} \\ &+ \{ 0.00028 (\xi_3 - \xi_7) + 0.00020 (\xi_2 + \xi_4 - \xi_6 - \xi_8) \} \rho = 100 \text{ m.} \Big] \end{aligned}$$

En estas fórmulas representan:

σ , la densidad del terreno deducida del examen de rocas, arenas, etc., que aparezcan en la superficie;

ϵ y K , las inclinaciones de la superficie del terreno en las direcciones Norte-Sur y Este-Oeste respectivamente, en un radio de dos metros a partir del punto de estación y

$\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4, \xi_5, \xi_6, \xi_7, \xi_8$, etc., los desniveles radiales.

ACCIÓN CARTOGRÁFICA Y NORMAL

Sabido es que para las aplicaciones de carácter geofísico de la balanza no bastan los valores topográficos. Precisa deducir de éstos los valores correspondientes a la acción que ejerzan las elevaciones y depresiones del terreno, no ya próximas a la estación, sino a mayores distancias de ésta y que exigen para su determinación el conocimiento cartográfico, razón por la que se denominan *valores cartográficos*.

Estos valores se deducen dividiendo el terreno en segmentos radiales, como en el cálculo de la acción del terreno próximo, explicado anteriormente, sólo que hasta distancias mucho mayores. Se necesita utilizar mapas con curvas de nivel en diferentes escalas: de mayor escala para distancias más próximas a la estación y de menor escala para distancias mayores.

Las fórmulas establecidas por Eötvös y empleadas por nosotros son:

$$\begin{aligned} \frac{d^3 U}{dx dz} &= -\frac{3}{2} G \sigma \xi^2 \times \frac{d\rho \cos \alpha d\alpha}{\rho^3} \\ \frac{d^3 U}{dy dz} &= -\frac{3}{2} G \sigma \xi^2 \times \frac{d\rho \sin \alpha d\alpha}{\rho^3} \end{aligned}$$

En estas fórmulas representan: G , la constante de gravedad igual a 66×10^{-9} ; σ , la densidad de la masa perturbadora; ξ , la altura de la misma sobre el plano horizontal que pasa por el pie de la balanza, considerada positiva hacia arriba; ρ , la

distancia horizontal del punto de estación al centro del segmento considerado; α , el ángulo que la recta que une la estación con el centro del segmento forma con el eje de las X , dirigido hacia el Norte; $d\alpha$, la amplitud angular de la masa comprendida dentro de un segmento, y $d\rho$, la longitud de la misma masa.

Calculando para el elipsoide de Bessel, por medio de la fórmula debida a Helmert, los valores de la acción normal, valores que presenta Eötvös tabulados para las diversas magnitudes gravíficas en su obra antes mencionada, correspondientes a diversos valores de la latitud, tendremos elementos suficientes para calcular las siguientes perturbaciones:

Perturbación total igual a la diferencia entre el valor total deducido directamente por la observación y el *valor normal*.

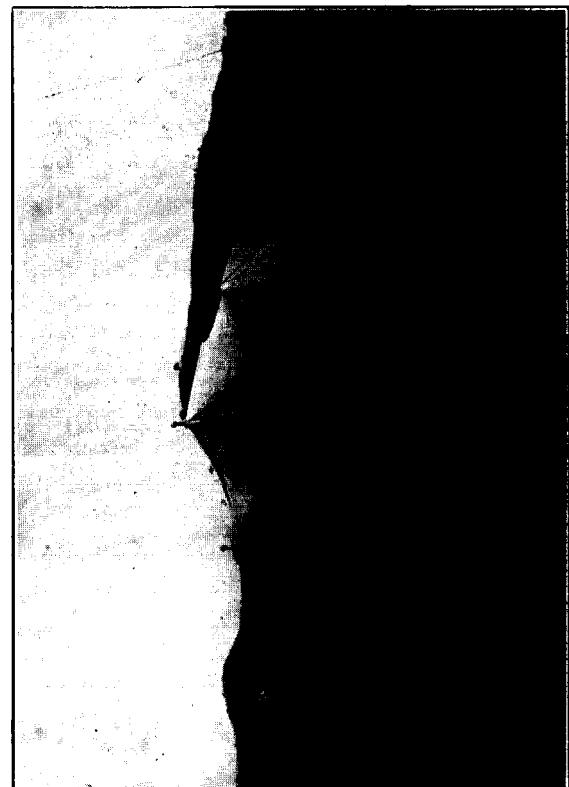
Perturbación topográfica igual a la diferencia entre el *valor topográfico* y *valor normal*, y

Perturbación subterránea, o diferencia entre la *perturbación topográfica* y el *valor cartográfico*. Es decir, que el valor de la perturbación subterránea, refiriéndonos al gradiente, se obtiene restando del valor proporcionado directamente por la balanza los siguientes factores: acción del terreno, acción cartográfica y acción normal.

Este valor de la *perturbación subterránea* es el que interesaba deducir en las estaciones observadas en la cuenca potásica.

PLAN DE TRABAJO Y RESULTADO DE LAS OBSERVACIONES

En cada estación se montaba, ordinariamente a primera hora de la mañana, el campamento, quedando instalada la balanza y en disposición de funcionar hacia el mediodía o primeras horas de la tarde (fot. 12). Los días largos de los meses en que se observó, junio y julio, permitieron obtener series



Fot. núm. 12. — Vista de la instalación en la estación número 9.



Fot. núm. 12. — Vista de la instalación en la estación número 9.



suficientes sobre las placas a la caída de la tarde, obteniéndose así una placa de día. De este modo podía disponerse de las noches para impresionar nueva placa, si había salido mal la primera. Si, como sucedió en algunas estaciones, las balanzas se mostraban reacias a las correcciones de las cabezas de torsión para llevarlas a las posiciones de equilibrio establecidas para el comienzo del trabajo, exigiendo todas las horas de la tarde para corregirlas, entonces se dejaban funcionando durante toda la noche.

En las estaciones en las que se obtuvieron placa de día y de noche se dedujeron los mismos valores para los gradientes resultados de la traducción de aquéllas, corroborando la afirmación del Profesor Schweydar, de ser actualmente indiferente el que la balanza modificada por él funcione de dia o de noche, lo que redundaba en beneficio de la rapidez de observación.

El siguiente cuadro resume todos los valores obtenidos y deducidos para cada estación.

CUADRO I

Estaciones	U _{xz} 10 ⁶	U _{yz} 10 ⁶	U' _{xz} 10 ⁶	U' _{yz} 10 ⁶	U _{xz,nor} 10 ⁶	U _{yz,nor} 10 ⁶	U'' _{xz} 10 ⁶	U'' _{yz} 10 ⁶	P _{xxz} . 10 ⁶	P _{yyz} . 10 ⁶	P _{txz} . 10 ⁶	OBSERVACIONES
	U _{xz} 10 ⁶	U _{yz} 10 ⁶	U' _{xz} 10 ⁶	U' _{yz} 10 ⁶	U _{xz,nor} 10 ⁶	U _{yz,nor} 10 ⁶	U'' _{xz} 10 ⁶	U'' _{yz} 10 ⁶	P _{xxz} . 10 ⁶	P _{yyz} . 10 ⁶	P _{txz} . 10 ⁶	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
1.....	52,7	58,6	37,0	-3,6	8,1	0,0	-7,4	4,4	15,0	57,8	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
2.....	-12,2	39,3	-7,8	12,4	*	*	-0,2	1,7	-12,3	25,2	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
3.....	-1,1	-36,3	16,4	-26,5	*	*	3,0	11,6	-27,6	-21,4	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
4.....	28,2	8,4	30,9	0,2	*	*	*	*	*	*	*	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
5.....	-0,5	-63,6	-9,8	-39,2	*	*	0,2	-1,9	1,1	-22,5	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
6.....	-39,7	-62,0	-50,2	-54,0	*	*	0,2	0,5	2,2	-8,5	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
7.....	46,8	-24,7	34,9	-23,2	*	*	0,2	0,4	3,6	-1,9	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
8.....	9,6	-17,9	2,2	-28,3	*	*	0,2	2,9	-1,2	2,5	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
9.....	19,1	-45,0	-2,2	-47,6	*	*	0,2	1,5	13,0	1,1	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
10.....	18,0	-18,4	10,2	-2,4	*	*	*	*	*	*	*	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
11.....	36,2	27,2	19,2	14,5	*	*	0,1	1,2	8,8	11,5	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
12.....	-23,7	-33,4	-32,8	-13,2	*	*	1,7	0,6	0,7	-20,8	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
13.....	26,3	-13,0	7,9	-2,4	*	*	-1,9	2,0	12,2	-12,6	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
14.....	-9,6	-7,0	5,0	-15,2	*	*	-2,6	12,2	-20,1	-4,0	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
15.....	19,5	-13,0	5,1	-4,4	*	*	-0,1	1,5	6,4	-10,1	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
16.....	29,5	12,0	20,7	6,4	*	*	*	*	*	0,7	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
17.....	-3,0	-19,8	-1,6	-17,2	*	*	-0,3	1,1	-9,2	-3,7	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
18.....	-22,5	-52,7	-2,0	-31,3	*	*	0,0	0,3	-28,6	-21,1	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
19.....	9,4	-51,3	2,8	-29,1	*	*	0,0	0,0	-1,5	-22,2	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
20.....	-21,8	-28,6	-14,7	-18,2	*	*	0,0	0,0	-15,2	-10,4	2	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.
21.....	39,6	-6,8	5,0	-1,1	*	*	*	*	*	28,5	-5,7	U _{xz} , U _{yz} , U' _{xz} , U' _{yz} , U _{xz,nor} , U _{yz,nor} , U'' _{xz} , U'' _{yz} , P _{xxz} , P _{yyz} , P _{txz} Valores totales.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS GRADIENTES E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

Para la representación gráfica de las perturbaciones subterráneas, se escogió como escala la de medio milímetro por cada unidad del noveno orden de la perturbación. Sobre un sistema de ejes coordinados en que el eje de las *X* señala la dirección Norte-Sur y el de las *Y* la Este-Oeste, se tomaron los valores de las componentes según *XZ* e *YZ* de la perturbación, deduciéndose gráficamente el valor y dirección de la *perturbación máxima subterránea*.

Los valores deducidos son los siguientes:

CUADRO II

ESTACIÓN	PERTURBACIÓN MÁXIMA SUBTERRÁNEA
1.....	59,4.10 - 9
2.....	28,0 >
3.....	34,0 >
5.....	22,0 >
6.....	8,8 >
7.....	3,2 >
8.....	2,8 >
9.....	13,0 >
11.....	14,0 >
12.....	21,0 >
13.....	17,0 >
14.....	20,8 >
15.....	11,4 >
17.....	10,0 >
18.....	35,0 >
19.....	22,0 >
20.....	17,6 >

No se ha calculado la perturbación subterránea correspondiente a las estaciones 10, 16 y 21, por haber sido desechadas para la finalidad de esta investigación después de observadas y, por esta razón, se ha detenido el cálculo de estas estaciones al llegar a deducir la perturbación topográfica correspondiente. Tampoco se ha podido calcular, contra nuestra voluntad, la perturbación subterránea en la estación 4, debido a errores de dibujo en el plano con curvas de nivel que poseíamos para hacer el cálculo de la acción cartográfica.

Colocadas sobre el plano que va adjunto las 17 estaciones que figuran en el cuadro II, se trazó por cada estación una flecha, igual en magnitud y dirección a la perturbación máxima subterránea correspondiente.

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

La dirección de los tres primeros gradientes encontrados no obedece a causa ninguna común relacionada con el yacimiento salino y solamente coincide en alejarse del vacío producido por la escotadura del río, de bastante importancia en este sitio, para dirigirse hacia los montes vecinos. Los números 1 y 2 comprenden el eje del anticinal. Son, pues, el resultado de causas locales y, como lo demuestran los resultados obtenidos en las posteriores estaciones, quedan fuera de la formación salina.

Los gradientes números 5, 6, 9, 11 y 12, de direcciones radiales, nos sirvieron para admitir la posibilidad de un borde para el yacimiento que presentase la forma marcada en el plano, coincidiendo con el punto de estación número 5, donde se obtuvo el gradiente máximo, pasando próximo a los números 11 y 12 y comprendiendo en su interior a los restantes. Como se desprende del crecido número de observaciones hechas en este lugar, el llegar a esta conclusión fué conse-

cuencia de un proceso de bastante duda y mucho estudio y, si el terreno se hubiera prestado, todavía se hubiesen multiplicado más las estaciones. De todas maneras, es nuestro propósito comprobar más adelante estos resultados mediante observaciones situadas al Este y al Oeste, aunque haya sido en extremo satisfactoria su coincidencia con los obtenidos posteriormente al llevar a cabo las mediciones magnéticas que luego analizaremos.

El orden en que se hicieron las estaciones corresponde a su numeración y, fueron los gradientes hallados en los números 7 y 8 (que nos demostraban que estábamos sobre la sal) los que nos obligaron a volver más al Norte a precisar el punto de paso del borde del yacimiento, porque si bien los tamaños de los números 5, 6, 7 y 8 estaban entre sí en perfecta armonía, marcando el número 5 la proximidad inmediata de dicho borde, la dirección de este mismo gradiente, que lógicamente debía de tender a ser normal al borde, era la que nos confundía.

Los gradientes obtenidos en las estaciones números 7 y 8 están en perfecta armonía con su posición respecto a la masa de sal, que existe en varias capas (según el sondeo abierto en las cercanías) a una profundidad de 650 metros y una potencia total, entre sal potásica y común, de más de 100; el eje del pliegue anticinal que cruza al Norte de Balsareny, queda comprendido entre las estaciones números 6 y 8 y coincide prácticamente con la número 7, la que, en consecuencia, acusa un gradiente casi nulo, puesto que en este sitio del pliegue, es donde más se aproximó la sal a la superficie. Las direcciones divergentes de los gradientes 6 y 8, separándose del eje del anticinal, coinciden con lo que teóricamente debía suceder y el mayor tamaño del primero de estos dos, puede obedecer a estar la sal en ese punto a mayor profundidad que en el 8, o, lo que es más probable, dada su posición simétrica en el pliegue, a una potencia menor de la formación en la proximidad de su borde límite.

El gradiente obtenido en la estación número 13, por su tamaño, nos revela aún la existencia de la sal en dicho punto, si bien en ciertas condiciones locales de profundidad o de potencia que se traducen en una influencia menor que la ejercida en los gradientes números 7 y 8. Su dirección no tiene aquí importancia y puede obedecer igualmente a cualquier causa local.

En cambio, el gradiente hallado en la observación siguiente, número 14, de un tamaño mayor aún que el obtenido en la estación número 5, por la cual hemos supuesto que pasa el borde de la formación, nos acusa ya claramente la proximidad de un cambio importante de masa en el terreno, o sea, la existencia en la dirección de dicho gradiente de un terreno de mayor densidad. Esta circunstancia podría interpretarse de dos maneras distintas, según se atribuyese a la desaparición, parcial o completa, de la sal o a un cambio notable en la naturaleza o constitución geológica del terreno situado encima de ella, ya que es evidente que no existe ningún accidente geológico de importancia, ni es lógico suponer la presencia de otras sustancias minerales pesadas.

El cambio en la naturaleza del terreno es evidente y basta el estudio geológico para comprobarlo. Afloran en este sitio unas potentes capas de caliza, algunas muy puras, que constituyen la roca de mayor densidad de toda la región (2,6). Estas capas, plegadas siguiendo el sinclinal, desaparecen bajo la superficie a débil profundidad, para aparecer de nuevo en el pueblo de Sallent. No es pues de extrañar, que el conjunto de estos estratos, que representan un importante exceso de masa sobre la normal del terreno, ejerza alguna influencia en el gradiente obtenido en la estación número 14, situada precisamente en el afloramiento Norte de estas capas. Ahora bien: ¿es ésta la única causa originaria de este gradiente? Indudablemente, no. Ella sola no bastaría para producirlo. Existen otras relacionadas con la sal, que hemos visto confirmadas al

efectuar las mediciones magnéticas y que pueden ser, o bien una desaparición completa por disolución formando una pequeña laguna en su masa o al menos, una notable reducción en su potencia que, combinada con la mayor profundidad (puesto que nos encontramos casi en el centro del pliegue sinclinal), producen como resultado el exceso de masa que se refleja en el gradiente.

Los gradientes obtenidos en las estaciones números 15 y 17, que comprenden al eje del último pliegue anticlinal de la región, están en absoluto de acuerdo con la teoría de la balanza y nos demuestran no solamente la existencia de la sal en el interior de dicho pliegue, sino la del pliegue mismo, por sus direcciones divergentes, alejándose de él.

El estudio estratigráfico pone de manifiesto que en esta parte estamos geológicamente en un nivel inferior al del resto de la zona y, como además concurren la elevación de la masa de sal, efecto del pliegue anticlinal y el hallarnos cerca del borde de la formación oligocena, no hay sino razones para suponer con acierto que en esta región, el mineral está más próximo de la superficie que en ninguna otra; por consiguiente, el tamaño relativamente crecido de los gradientes 15 y 17, si se comparan con los 7 y 8, encontrados sobre el anticlinal del Norte de Balsareny, no se puede achacar a una mayor profundidad de la masa salina y lógicamente hay que atribuirlo a una disminución del volumen de dicha masa en las proximidades del límite Sur del yacimiento, que, según se desprende de los gradientes obtenidos en las tres últimas estaciones observadas, números 18, 19 y 20, hemos supuesto pasa por la primera de ellas, en la que se encontró el mayor de toda la zona estudiada.

Visto cómo a partir de éste disminuían progresivamente a medida que nos acercábamos al contacto con el numulítico, se suspendieron las observaciones en la estación número 20.

Como resumen de todo el trabajo realizado con la balanza puede deducirse que a lo largo del valle estudiado, la sal se sucede desde el Norte de Navás hasta el paralelo de Cabrianas, con una corrida total de cerca de 13 kilómetros, sin más interrupción que la supuesta como probable al Norte del pueblo de Sallent.

OBSERVACIONES MAGNÉTICAS

La aplicación del método de prospección magnética se proyectó primeramente con gran extensión y densa red de estaciones, pues así debe hacerse siempre que se trate del estudio detallado y exacto de un terreno cuyas anomalías magnéticas son sumamente pequeñas, como ocurre en el caso presente. Pero por diversas circunstancias, se fué retrasando la ejecución del trabajo y la premura de tiempo de que después se dispuso, obligó a limitar el estudio a la comprobación de los resultados obtenidos con la balanza de torsión en el borde Norte del banco salino, haciendo además algunas observaciones complementarias cuyo objeto se detallará más adelante.

Disponiéndose de los aparatos necesarios para la medición de las dos componentes H y Z , el Sr. Gil tuvo la idea de observar no solamente la componente Z , como se había hecho hasta ahora en trabajos de esta índole, sino de hacer un estudio completo de la perturbación de la zona salina de Manresa que experimenta el campo magnético terrestre; y a este fin, se propuso observar las dos componentes en todos los puntos y la declinación en algunos de ellos, calculando después el valor de este tercer elemento para todos los demás. Con esto se proponía demostrar la insuficiencia de la observación de la componente Z para los estudios de esta naturaleza.

Los aparatos de que se disponía eran dos balanzas magné-

ticas, una vertical y otra horizontal, más un teodolito magnético Sartorius para la medida de la declinación. Pero siendo las dos balanzas magnéticas sistema Schmidt, las primeras construidas por los talleres Askania y habiendo sido terminada la horizontal con demasiada precipitación, se ha visto que no tenía la sensibilidad necesaria para efectuar este trabajo, por lo que ha sido preciso prescindir de ella y limitarse a hacer el estudio de la componente vertical. En las balanzas que hoy día construyen los talleres de Askania se ha corregido ya ese defecto, y son aptas para un estudio de esta clase en la forma que el Sr. Gil lo había proyectado.

OBSERVACIÓN DE LA COMPONENTE Z

El aparato utilizado es una balanza magnética vertical, modelo del Profesor Adolf Schmidt, construida en el año 1921 por los talleres Askania de Berlín y marcada con el número 55.010.

Su descripción y el detalle del modo de operar en el campo pueden verse en el BOLETÍN DEL INSTITUTO GEOLÓGICO, tomo VI, tercera serie, página 224, por lo que no consideramos necesario repetirlo ahora, a pesar de que se insertó en el trabajo presentado en el Congreso, que fué leído anteriormente a la publicación de dicho número del BOLETÍN.

Observaciones efectuadas. — Como antes se ha dicho, la parte principal de este trabajo ha sido encaminada a comprobar el borde Norte del banco salino acusado por las observaciones gravimétricas. Pero como además habían de efectuarse las observaciones complementarias de que luego hablaremos, se eligió como estación base de todo el trabajo y punto de comprobación de las variaciones de estado del aparato empleado, el punto designado con la letra B en el croquis que se acompaña. Este punto se ha tomado cerca del límite de los te-

rrenos eoceno y oligoceno, siendo, por tanto, muy apropiado para su objeto.

Las estaciones observadas para el objeto principal indicado, fueron las designadas en el croquis con los números 1 al 12 inclusive. Para comprobar la extensión del banco salino en la dirección de Suria, se observaron las estaciones marcadas con los números 13 al 18. Igualmente se trató de determinar la extensión de la sal comprobada en el sondeo de Balsareny, y a este efecto, se observaron las estaciones 19, 20 y 21. La estación número 22 tiene por objeto comprobar una aparente anomalía acusada por la balanza de torsión al Norte de Sallent. También se quiso tener algún indicio respecto al sondeo proyectado en Avinyó, y a este objeto, se observaron las estaciones 23 y 24. Por último, para tener la certeza de que al Sur de la línea Sampedor-Cabrianas no existen ya indicios de sal, se observaron las tres estaciones 25, 26 y 27.

Resultados obtenidos. — Los valores obtenidos después de efectuadas todas las correcciones necesarias y referidos al punto base tomado como origen, son los siguientes:

ESTACIONES	VALORES RELATIVOS OBTENIDOS
Base	0
1	- 9
2	- 5
3	- 23
4	- 26
5	- 42
6	- 35
7	- 66
8	- 22
9	- 24
10	- 24
11	- 10
12	- 13
13	- 18
14	- 33

ESTACIONES	VALORES RELATIVOS OBTENIDOS
15	- 50
16	- 38
17	- 3
18	- 54
19	- 29
20	- 23
21	- 25
22	+ 12
23	- 55
24	- 32
25	+ 1
26	+ 34
27	+ 37

Interpretación de estos valores. — Con los valores obtenidos para las 21 estaciones correspondientes a los tres primeros grupos en que hemos dividido el total de ellas, así como con los correspondientes a las tres últimas, se ha efectuado el trazado de curvas isanómalias, según puede verse en el croquis. Las zonas que presentan anomalías negativas cuyo valor absoluto excede a 20 γ las hemos considerado como de sal probable; las que presentan anomalías negativas, también con respecto a la base, cuyo valor absoluto oscila entre 10 y 20 γ, las aceptamos como de sal posible; y, por último, la zona situada al Sur, que presenta anomalías positivas con respecto a la base, es considerada como de sal no probable.

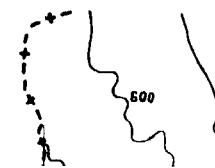
La estación 22, con su anomalía positiva, comprueba los resultados arrojados por la balanza de torsión para esa zona, situada al Norte de Sallent.

Las estaciones 23 y 24 muestran, no solamente que el sondeo proyectado en Avinyó debe cortar el banco salino, sino que éste se extiende más al Este de dicha población.

Por último, las anomalías positivas que dan las estaciones 25, 26 y 27 indican que esa región está ya fuera del borde Sur de la sal, como era de esperar y de acuerdo con lo que también ha indicado la balanza de torsión.

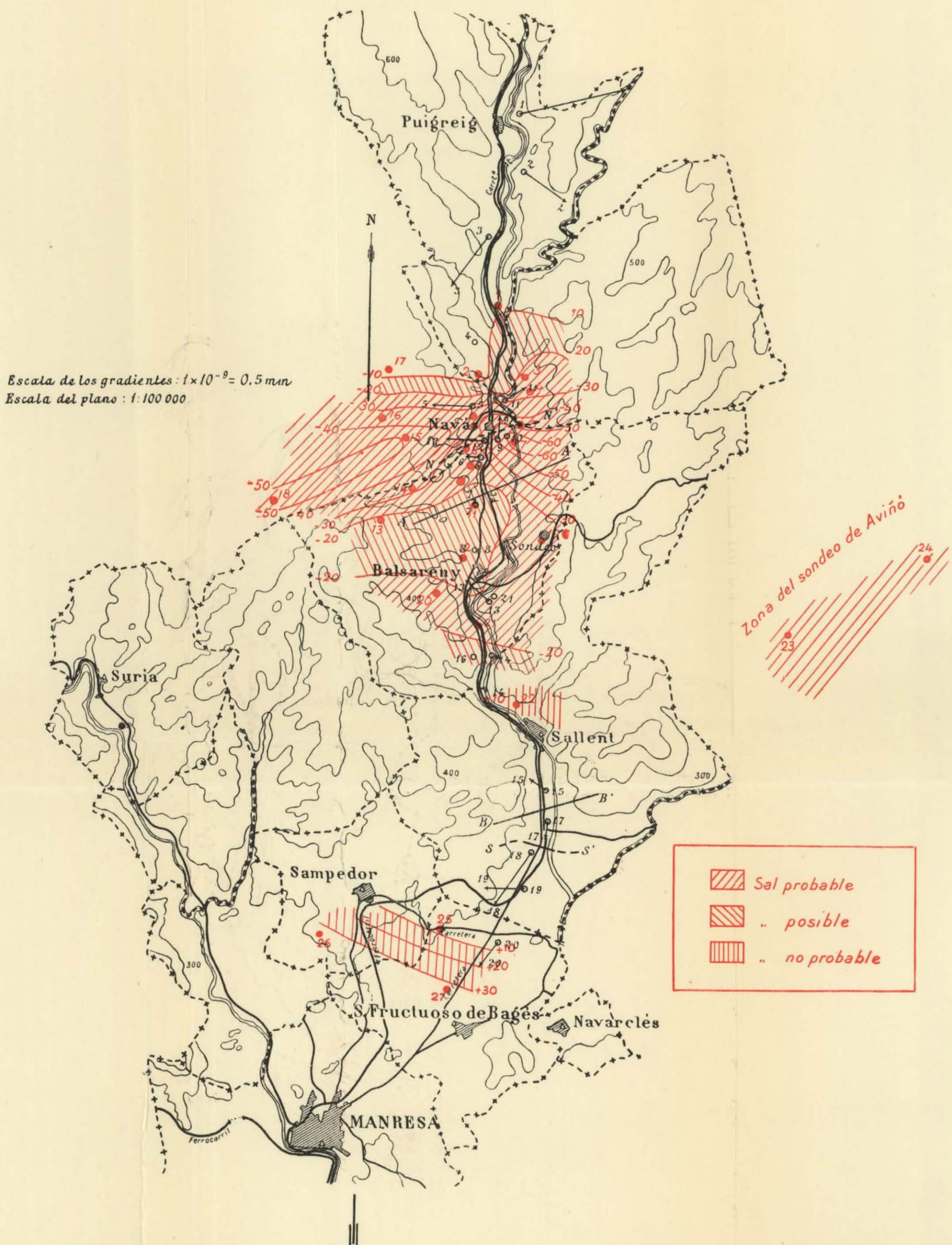
Observación importante. — Antes de terminar este trabajo nos consideramos en el deber de hacer constar que el número de observaciones magnéticas efectuadas en esta ocasión es absolutamente insuficiente para servir de base a cualquier proyecto de explotación de las sales estudiadas. Claro que no es esto lo que se ha pretendido, sino únicamente comprobar la eficacia de la prospección magnética y su absoluto acuerdo con la prospección gravimétrica. Pero cuando se trate de trabajos preparatorios para una explotación, debe, por una parte, estudiarse los tres elementos magnéticos, cubriendo el terreno de una densa red de estaciones, en cuya elección debe procurarse que no concurran circunstancias tan desdichadas como la de estar situadas a lo largo de una vía férrea que las especiales de este trabajo nos ha obligado a aceptar y no contentarse con uno o dos métodos geofísicos de prospección, sino utilizar todos aquellos que el terreno y las condiciones del criadero permitan, para obtener el mayor número de datos concordantes, ya que siempre el coste de estas experiencias será sumamente reducido en comparación con el de la prospección directa por sondeos. En este caso especial que nos ocupa, podrían aún ensayarse con éxito seguro los procedimientos sísmico, eléctrico y radioactivo, mediante cuya racional aplicación se determinarían con exactitud los bordes del manto salino, permitiendo al mismo tiempo elegir para el emplazamiento de los pozos, lugares en que seguramente no existirían grandes depósitos perturbadores de agua y pudiendo también determinarse las fallas con probables corrientes de agua para evitar el llegar a ellas durante la explotación.

INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS EN LA CUEVA GRADIENTES Y CURVAS



INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS EN LA CUENCA POTÁSICA DE CATALUÑA

GRADIENTES Y CURVAS ISANÓMALAS



**RELACIÓN
ENTRE LAS
ANOMALÍAS DE LA GRAVEDAD
Y LA
CONSTITUCIÓN GEOLÓGICA DE ESPAÑA
POR
M. DE BARANDICA Y J. MILÁNS DEL BOSCH**

Ingenieros de Minas.

**R E L A C I Ó N
ENTRE LAS
ANOMALÍAS DE LA GRAVEDAD
Y LA
CONSTITUCIÓN GEOLÓGICA DE ESPAÑA**

La sorpresa de Richer al observar con asombro, en 1672, el retraso de su reloj en la Cayena, condujo a la demostración de la mutua dependencia entre la figura de la tierra y la fuerza de la gravedad, y, por tanto, el empleo del péndulo como aparato adecuado a este género de investigaciones. Así, desde el péndulo simple empleado por Bouguer, el compuesto de Borda, el de inversión de Kater, fundado en el célebre teorema de Huygens, hasta el perfeccionadísimo de Bessel, las observaciones pendulares tienen el más alto valor científico para la investigación de la forma de la tierra, pero sin rebasar nunca los límites de su carácter de aparato exclusivamente geodésico.

La proposición de Ivon Villarceau en la conferencia geodésica celebrada en Munich en 1880, en la cual se declaró partidario de las determinaciones relativas de la intensidad de la gravedad sobre las absolutas empleadas hasta entonces; las conclusiones de Oppolzer en la conferencia siguiente de 1883, quien no vaciló en declararse francamente en favor de las primeras al dar cuenta en brillante informe del estudio que se le

había encomendado, o sea el de proponer el más conveniente entre todos los procedimientos entonces conocidos para su investigación, marcan nuevos rumbos a estos estudios.

A partir de esta fecha, y por las simplificaciones que el nuevo método lleva consigo, las observaciones de la gravedad se multiplican extraordinariamente, y cada vez se manifiesta de modo más claro y terminante la íntima relación entre las diferencias de los valores de la gravedad observados y los teóricos correspondientes a cada punto de observación, o, dicho más brevemente, entre las anomalías de la gravedad así deducidas y la constitución geológica del terreno en donde la estación de observación está enclavada.

Empieza, por tanto, el péndulo, a partir de esta época, no solamente a ser considerado como aparato exclusivamente geodésico, sino también como un valioso auxiliar de la geología, y a vislumbrarse la mutua ayuda que ambas ciencias pueden prestarse.

El aparato que desde entonces adquiere la preferencia es el ideado por Sterneck, con ligeras variantes o perfeccionamientos introducidos en el mismo a medida que su empleo se generalizaba.

Con este aparato observó Hecker la intensidad de la gravedad en el Observatorio de Madrid en el año 1901, y a continuación en Lisboa y Río de Janeiro, con motivo de su célebre viaje a través del Océano Atlántico para determinar la intensidad de la gravedad en diversos puntos del mismo por medio de un ingenioso procedimiento, basado en la observación simultánea del barómetro y del termómetro hipométrico o termobarómetro.

La proposición ya citada de Ivo Villarceau, las conclusiones de Oppolzer y las observaciones de Hecker, hicieron comprender en España la necesidad de un cambio de método. Encargados los Ingenieros Geógrafos Sres. Galbis y Estrada

de proponer el más conveniente, demuestran, en una meditada Memoria, la necesidad de sustituir los antiguos procedimientos por los modernos.

El aparato empleado en España desde aquella fecha para las determinaciones relativas fué el de Sternerck, que llegó a España en el año 1903; dándose principio a las observaciones en el mismo año, con arreglo al plan propuesto por el Sr. Galbis, habiéndose observado hasta fines del año 1923 un total de 97 estaciones, de las cuales ocho corresponden a las islas Baleares, siete a las Canarias, cuatro a la costa de Marruecos y las setenta y ocho restantes a la Península. En los tomos XIII, XIV y XV de las Memorias del Instituto Geográfico puede estudiarse el detalle de las mismas; y el resumen de todos los valores obtenidos puede verse en el *Rapport sur les travaux de l'intensité de la pesanteur en Espagne*, por Guillermo Sans Huelin, Comandant d'Artillerie et Ingénieur Géographe, quien, en octubre de 1924, presentó este trabajo en la segunda Asamblea general de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, reunida en Madrid.

Todos los valores obtenidos fueron calculados partiendo del valor inicial de la gravedad en Madrid, $g = 979,981$, que corresponde al de Postdam, $g = 981,274$. Por g se representan los valores observados de la gravedad. Por g_0 , los mismos valores referidos al nivel del mar. Por g''_0 , los valores precedentes con la corrección de la atracción del terreno, y, finalmente, por γ_0 , los valores teóricos de la gravedad.

Estos últimos han sido calculados por la última fórmula propuesta por Helmert en 1915:

$$\gamma_0 = 978,052 (1 + 0,005285 \operatorname{sen}^2 \varphi - 0,000007 \operatorname{sen}^2 2\varphi).$$

En la misma Memoria se insertan dos mapas de España, sobre cada uno de los cuales fueron trazadas las curvas isanómalias, una con arreglo al método de reducción de Bouger, o

sea considerando el valor de la anomalía ($g''_0 - \gamma_0$). En la misma Memoria, el Sr. Sans Huelin hace interesantes consideraciones, que tienden a relacionar las citadas curvas isanómicas con la geografía general de la Península Ibérica.

Habiéndose tenido muy en cuenta en la citada Asamblea los importantes trabajos de Hayford, referentes a la teoría isostática, por la gran influencia que puede tener en la solución de diversos problemas geológicos, geofísicos y geodésicos, y muy especialmente con los primeros, y los más recientes trabajos de M. Bowie, relacionados con este asunto, surgió la idea de que aquellas naciones adheridas que tuvieran hechas observaciones de la gravedad en su territorio, sin estar reducidas isostáticamente, y desearan poseer dichos valores de g reducidos, para conocer las anomalías resultantes, deberían dirigirse a U. S. Coast and Geodetic Survey, que ya de antiguo posee personal familiarizado con los prolijos cálculos de reducción isostática, para conseguir que ese mismo personal pudiese efectuar las reducciones por topografía y compensación correspondientes a los valores de g en cada país.

Nuestro Instituto Geográfico se adhirió desde el primer momento a la proposición citada, toda vez que disponía de una red bastante extensa de valores de g observados en toda la extensión del territorio de la Península.

La reducción tuvo que limitarse únicamente a 31 de los 78 valores que se encuentran observados en la Península, puesto que las restantes estaciones de nuestra red corresponden a regiones de las que aun no posee nuestro Instituto planos con el detalle topográfico indispensable para efectuar los cálculos en cuestión.

El método seguido para hacer estos cálculos está explicado con toda claridad en la publicación especial número 10 del Coast and Geodetic Survey, titulado *The effect of topography and Isostatic compensation upon the intensity of gravity*

por John Hayford y William Bowie. La reducción se hizo para una profundidad de compensación de 113,7 kilómetros, por ser ésta la profundidad para la que están calculadas las tablas de dicha publicación.

En el *Informe sobre la reducción isostática de nuestras estaciones de gravedad*, por D. Guillermo Sans Huelin, se inserta el cuadro completo de los resultados de cálculo obtenidos por este procedimiento. Para no repetirlo íntegro extraemos del mismo únicamente la parte imprescindible para nuestro objeto, pero a continuación insertaremos como ejemplo el detalle de una de sus estaciones.

I. — ESTACIÓN DE MADRID

Coordinadas geográficas.	Latitud.....	40° 24'5.
	Longitud.....	3° 41'0 Oeste.
	Altitud.....	656 metros.
Gravedad teórica γ_0	980,208 cm.....	980,208 cm.
Correcciones.	Por elevación	- 0,202
	Por topografía y compensación isostática.....	+ 0,006
Gravedad calculada = g_c =.....		980,012 cm.
Gravedad observada = g =.....		979,981 >
Anomalía = $(g - g_c)$ =.....		- 0,031 cm.

La gravedad teórica γ_0 ha sido calculada por la fórmula de Bowie número 2, que es:

$$\gamma_0 = 978,039 (1 + 0,005294 \operatorname{sen}^2 \varphi - 0,00000 \operatorname{sen}^2 2\varphi),$$

que dicho Geodesta considera ventajosa para cualquier país del Globo.

El cuadro simplificado para nuestro trabajo debe ser tal que figuren únicamente el nombre y número de la estación y el valor ($g - g_c$) de la anomalía obtenida.

Ahora bien: siendo el principal objeto de nuestro estudio tratar de relacionar las anomalías de la gravedad con la constitución geológica de los terrenos en que fueron observadas, precisa que el cuadro contenga asimismo relación sucinta de los terrenos en que están enclavadas las estaciones compensadas isostáticamente, como puede verse a continuación:

ESTACIONES GRAVIMÉTRICAS, COMPENSADAS ISOSTÁTICAMENTE

Constitución geológica del terreno en que están enclavadas y valor de la anomalía

Número de orden	ESTACIONES	CONSTITUCIÓN GEOLÓGICA DEL TERRENO	ANOMALÍA	CLASIFICACIÓN
I	Madrid.....	En <i>cuaternario</i> , inmediato al terciario.....	- 0,031	Cenozoico.
1	S. Fernando.	En <i>cuaternario</i> , rodeado de terciario, que queda a distancias comprendidas entre 6 y 18 kilómetros, y algo de triásico por el Este.	- 0,033	Cenozoico.
2	Duque.....	En <i>terciario</i> , con algo de <i>cuaternario</i> y a 4 kilómetros del precambriano.....	0,055	Cenozoico.
3	Granada....	En <i>cuaternario</i> , rodeado de terciario y a 8 kilómetros del secundario.....	- 0,072	Cenozoico.
4	Cartagena...	En <i>cuaternario</i> , próximo al terciario y secundario y a 9 kilómetros del estrato cristalino.....	0,057	Cenozoico.
5	Torrejón....	En <i>cuaternario</i> , inmediato de terciario.....	0,028	Cenozoico.
6	Huelva.	En <i>cuaternario</i> , inmediato a algo de terciario y a 12 kilómetros del paleozoico....	0,039	Cenozoico.
7	Tarifa.....	En el <i>terciario</i>	- 0,072	Cenozoico.
8	Palencia....	En <i>cuaternario</i> , próximo al terciario	- 0,001	Cenozoico.
9	Alicante....	En <i>cuaternario</i> , rodeado del terciario y a 12 kilómetros del secundario.....	0,025	Cenozoico.
10	Denia.	En <i>cuaternario</i> , rodeado de secundario y algo de terciario al Sur.....	0,023	Cenozoico.
11	Valencia. . .	En <i>cuaternario</i> , a 4 kilómetros del terciario y 17 kilómetros del secundario.....	0,017	Cenozoico.

Número de orden	ESTACIONES	CONSTITUCIÓN GEOLÓGICA DEL TERRENO	ANOMALÍA	CLASIFICACIÓN
12	Roquetas ...	En cuaternario, rodeado de secundario a distancias comprendidas entre 2 y 13 kilómetros.	0,009	Cenozoico.
13	Toledo	En el granito, inmediato al cuaternario y a 15 kilómetros del terciario.	0,018	Precambriano.
14	Cuenca.....	El secundario, inmediato al terciario	- 0,024	Mesozoico.
15	Teruel.....	En terciario, rodeado de secundario.....	- 0,023	Cenozoico.
16	Sigüenza....	En secundario, a 20 kilómetros del siluriano y estrato cristalino	0,020	Mesozoico.
17	Ciudad Real.	En cuaternario, inmediato al terciario y a 2 kilómetros de una gran extensión de siluriano.....	0,023	Cenozoico.
18	Fuenteovejuna..	En el estrato cristalino, con asomos de rocas hipogénicas y a 2 kilómetros del paleozoico.....	0,040	Precambriano.
19	Cortegana ..	En estrato cristalino, a 5 kilómetros del paleozoico y afloramiento de rocas hipogénicas.....	0,077	Precambriano.
20	Plasencia ...	En el granito, inmediato al paleozoico.....	0,015	Precambriano.
21	Sevilla	En cuaternario, rodeado de terciario.....	0,032	Cenozoico.
22	Écija.....	En cuaternario, a 3 kilómetros del terciario.....	- 0,028	Cenozoico.
23	Andújar.	En cuaternario, inmediato al terciario por el Sur y rodeado por el Noroeste y Oeste de triás, cámbriano y rocas hipogénicas.....	0,026	Cenozoico.

Número de orden	ESTACIONES	CONSTITUCIÓN GEOLÓGICA DEL TERRENO	ANOMALÍA	CLASIFICACIÓN
24	Baza	En terciario, próximo a algo de cuaternario y triásico y a una gran extensión del estrato cristalino.....	- 0,057	Cenozoico.
25	Lorca	En terciario, próximo al cuaternario y triásico y a 15 kilómetros del estrato cristalino	0,018	Cenozoico.
26	Cieza.....	En terciario, rodeado de secundario.....	- 0,021	Cenozoico.
27	Albacete....	En terciario, inmediato al cuaternario y a 12 kilómetros de una gran formación del secundario.	0,006	Cenozoico.
28	Alcázar de San Juan..	En secundario, bordeado por el terciario y algo de cuaternario y a 12 kilómetros de una gran extensión del paleozoico	0,002	Mesozoico.
29	Málaga.....	Sobre estrecho borde cuaternario y terciario, muy próximo a gran extensión del cámbriano con algo de secundario.....	0,061	Cenozoico.
30	Motril.	En el cámbriano, inmediato a una pequeña faja del cuaternario y a mayor extensión del estrato cristalino y secundario.....	0,043	Paleozoico.

El resumen numérico de los valores que figuran en el cuadro precedente puede condensarse de este modo:

$$\text{Suma de las 21 anomalías positivas } (g - g_c) (+) = 0,634$$

$$\text{Suma de las 10 anomalías negativas } (g - g_c) (-) = - 0,362$$

$$\text{Valor de } (g - g_c) (+) + (g - g_c) (-) \text{ teniendo en cuenta el signo} = + 0,272$$

$$\text{Promedio} = \frac{0,272}{31} = + 0,009$$

$$\text{Valor } (g - g_c) (+) + (g - g_c) (-) \text{ prescindiendo del signo} = + 0,996$$

$$\text{Promedio} = \frac{0,996}{31} = + 0,032$$

En el cuadro precedente, la primera casilla indica el número de orden de la estación observada, pero advirtiendo que no es el que corresponde a las estaciones observadas por el Instituto Geográfico, sino el correlativo admitido para las estaciones compensadas isostáticamente. Las columnas segunda y cuarta están suficientemente explicadas por su epígrafe correspondiente. En la tercera se debe tener presente que los terrenos subrayados que figuran en primer término indican la composición geológica del lugar de su emplazamiento, terreno que servirá de base para la clasificación que se establece en la quinta columna, agrupando bajo la denominación de precambriano las formaciones del estrato cristalino y rocas hipogénicas antiguas, y comprendiendo en el paleozoico los terrenos primarios, en el mesozoico los secundarios y en el cenozoico las épocas terciaria y cuaternaria, siguiendo en esto a los Geólogos y Geodestas americanos, que son los que más se han ocupado de la ciencia isostática.

Englobando los resultados obtenidos con arreglo a dicha clasificación, obtenemos el resumen que se especifica en el siguiente cuadro:

Resumen de las anomalías de la gravedad en las estaciones corregidas isostáticamente y agrupadas con arreglo a la clasificación primera.

Número	ESTACIONES	FORMACIÓN GEOLÓGICA	ANOMALÍAS	RESULTADOS NUMÉRICOS
13	Toledo.....		0,018	
18	Fuenteovejuna.....	Precambriana.	0,040	0,150
19	Cortegana.....		0,077	
20	Plasencia.....		0,015	
30	Motril.....	Paleozoica ...	0,043	0,043

Número	ESTACIONES	FORMACIÓN GEOLÓGICA	ANOMALÍAS	RESULTADOS NUMÉRICOS
14	Cuenca.....		- 0,024	
16	Sigüenza	Mesozoica...	0,020	- 0,002
28	Alcázar de San Juan.....		0,002	
I	Madrid.....		- 0,031	
1	San Fernando.....		- 0,033	
2	Duque		0,055	
3	Granada.....		- 0,072	
4	Cartagena.....		0,057	
5	Torrejón		0,028	
6	Huelva.....		0,039	
7	Tarifa.....		- 0,072	
8	Palencia.....		- 0,001	
9	Alicante.....		0,025	
10	Denia		0,023	
11	Valencia.....	Cenozoica...	0,017	0,081
12	Roquetas.....		0,009	
15	Teruel.....		- 0,023	
17	Ciudad Real		0,023	
21	Sevilla		0,032	
22	Écija.....		- 0,028	
23	Andújar.....		0,026	
24	Baza.....		- 0,057	
25	Lorca		0,018	
26	Cieza		- 0,021	
27	Albacete		0,006	
29	Málaga.....		0,061	
		Suma algebraica..	=	0,272

El examen del cuadro precedente nos hace ver que aparecen con valores positivos las sumas algebraicas de las anomalías de las formaciones del precambriano, paleozoico y cenozoico, y como negativas, las correspondientes a las formaciones del mesozoico. Esta clasificación no es adecuada a nuestro propósito; adolece del defecto de no tener en cuenta más que estrictamente la constitución geológica del terreno sobre el cual insiste la estación observada, sin considerar la de los terrenos que la rodean, o están inmediatamente por debajo de la superficie, lo que ya, hoy día, está demostrado no puede hacerse.

Si en lugar de este criterio para la clasificación hubiésemos seguido el de dar entrada por igual a todas las formaciones geológicas inmediatas, los resultados obtenidos hubiesen sido aún más incongruentes, no conducirían a nada práctico y no nos permitirían deducir ley alguna que definiese, aunque fuera de un modo abstracto, las relaciones que buscamos. Quizás, cuando podamos contar con un crecido número de estaciones, la cosa varíe.

Estos resultados nos llevarían, de acuerdo con las modernas teorías expuestas por David White en su interesante trabajo *Gravity observations from the stand point of the local geologie*, a estudiar cada anomalía en relación con la geología local de la zona de estación, comprendiendo potencia de las formaciones, estratigrafía, estructura, y, naturalmente, densidades de las rocas que las forman, para deducir cuál son las que pueden producir un efecto predominante sobre el péndulo, y poder llegar, primero, a interpretar el valor aproximado y significación de cada anomalía, y después, a deducir alguna consecuencia lógica de la situación isostática de la región. Está comprobado que el efecto de una roca pesada, oculta bajo la superficie, puede disminuir e incluso predominar sobre el producido por estratos ligeros superpuestos de menor espesor y

viceversa, desprendiéndose de esto, que no a muy grandes profundidades por debajo del instrumento pueden establecerse ciertas compensaciones que anulen la anomalía que según el terreno superficial se debía acusar, llegando incluso a manifestarse otra de signo contrario.

Ahora bien: como, por una parte, en muchas estaciones los datos geológicos para proceder a este detenido estudio son por ahora insuficientes; en otras se eligió, como es natural, su emplazamiento, sin pensar para nada en las condiciones geológicas del terreno; por otro lado, la complejidad de éste en varias de ellas es tal, que se hace casi imposible fijar un criterio para su clasificación, hay que fijar para más adelante la realización de tan interesante estudio y limitarnos, por el momento, a adoptar un criterio intermedio, tomando en consideración, no sólo la naturaleza del terreno en el punto en que está enclavada la estación, sino la de aquellas de sus proximidades laterales, o bajo la superficie, que con los conocimientos geológicos de carácter más o menos generales que tenemos hasta el presente, comprendamos que lógicamente pueden influir en la anomalía observada.

Para esto agruparemos las estaciones con arreglo a las grandes zonas en que puede considerarse dividida la Península, teniendo en cuenta su formación en los grandes períodos geológicos.

Para la mayor claridad en la exposición, nos parece lo más acertado referir todos nuestros razonamientos al adjunto esquema gráfico, que trata de representar las referidas zonas y en las que se encuentran situadas 31 estaciones observadas, cuyas anomalías, corregidas isostáticamente, nos son conocidas, y cuyo valor numérico figura en el esquema citado juntamente con el nombre de la estación observada y la indicación de la zona a que pertenecen según la clasificación que hacemos a continuación.

BASES PARA ESTABLECER LA NUEVA CLASIFICACIÓN

La simple inspección del esquema citado nos enseña que sobre la antigua meseta Ibérica, cuyo levantamiento debió corresponder a los movimientos hercinianos del final de la época paleozoica, se encuentran situadas las estaciones de Palencia, Madrid, Toledo, Plasencia, Alcázar de San Juan, Ciudad Real, Fuenteovejuna y Cortegana, aunque en condiciones diversas.

Así, con las de Plasencia, Fuenteovejuna y Cortegana, situadas las tres en el granito o en el estrato cristalino de la parte de la meseta que presenta al descubierto los terrenos antiguos, podemos formar un grupo, al que llamaremos *a*), cuya clasificación geológica de conjunto corresponderá al precambriano.

Las estaciones de Palencia y Madrid, situadas sobre la meseta, pero cada una de ellas enclavada en el interior de los terrenos terciarios de gran extensión y profundidad que actualmente ocupan el emplazamiento de los grandes lagos terciarios de ambas Castillas, puede formar el otro grupo *b*), que clasificaremos en el cenozoico.

Situadas sobre la misma meseta y formando el borde occidental del lago terciario de Castilla la Nueva, se encuentran las estaciones de Toledo, Alcázar de San Juan y Ciudad Real; la primera sobre el granito, y las dos últimas, aunque insistiendo directamente sobre terrenos más modernos de escaso espesor por corresponder al borde del lago, pueden considerarse como pertenecientes a la gran mancha siluriana de España, que arrancando desde Alcázar (Albacete), corre por Despeñaperros, las sierras Madrona y de la Alcudia, para ocupar gran parte de los montes de Toledo, y prolongándose hacia occidente por las sierras de Altamira y Guadalupe, se estrecha entre

Cáceres y Plasencia, para extinguirse en Portugal. Con las tres estaciones citadas podemos, por tanto, formar el grupo *c*), que clasificaremos, en conjunto, como correspondiente al precambriano y paleozoico.

Las estaciones de Sigüenza, Cuenca y Albacete están situadas en el borde oriental de la meseta, que también lo es por esta parte del lago terciario de Castilla la Nueva, y la última, aun sobre dicho terreno.

Por la misma razón que antes adujimos, tratándose del borde de una formación lacustre, es lógico suponer que para los efectos de la anomalía ejerzan más influencia que ella las masas de rocas más densas de las potentes formaciones mesozoicas que bordean estas estaciones por el Este. Pueden, pues, considerarse en conjunto como situadas sobre dichos terrenos secundarios que rodean la meseta por este lado y constituyen la Cordillera Ibérica. Representaremos este grupo por la letra *d*), y su clasificación geológica corresponderá en el mesozoico.

Asimismo las estaciones de Andújar, Sevilla y Huelva están enclavadas en terrenos modernos y en el límite meridional de la meseta, y coinciden, al menos las dos primeras, con la falla del Guadalquivir. Las tres insisten sobre terrenos modernos, pero hay que tener muy en cuenta que la primera se encuentra inmediata a la gran mancha hipogénica de Los Pedroches (provincia de Córdoba), rodeada por el paleozoico; que a las puertas de Sevilla se extiende la cuenca carbonífera de Villanueva de las Minas, y que en el culm y en el siluriano arman las grandes masas de piritas ferrocobrizas de la provincia de Huelva. Estas circunstancias no sólo han de influir notablemente en el signo y valor de las anomalías encontradas en estas tres estaciones, sino que es natural que su efecto sea el que predomine; por tanto, podemos considerar que este grupo completo de dichas tres estaciones, que representaremos por la

letra e), pertenece, para los efectos de las anomalías, al paleozoico.

Las estaciones de Écija y de San Fernando las consideramos como formando parte de la depresión del Guadalquivir y, por tanto, situadas sobre terrenos modernos. Representaremos este grupo por f), clasificándolo en el cenozoico.

En la costa meridional de España se encuentran las estaciones de Tarifa, Duque, Málaga y Motril, con las cuales podemos formar dos grupos: el primero, que representaremos por g), estará constituido únicamente por la estación de Tarifa, situada en el punto más meridional de España y francamente sobre el eoceno; lo clasificaremos, por tanto, en el cenozoico. Las tres restantes están emplazadas sobre una muy estrecha faja, no continua, de terrenos modernos, que constituye el borde de la costa mediterránea en esta región y cuyos efectos en las características de las anomalías pueden despreciarse. Bajo estas pequeñas y aisladas manchitas modernas yacen las masas de los estratos antiguos, rocas hipogénicas que pertenecen a las estribaciones meridionales del sistema bético, constituido por terrenos precambrianos y primarios, que tienen, por el contrario, que influir notablemente en aquéllas. Por consiguiente, con estas tres estaciones formaremos un grupo h), que clasificamos como perteneciente al precambriano y paleozoico.

Consideremos ahora las estaciones de Cartagena, Torrejón, Alicante, Denia, Valencia y Roquetas, situadas todas ellas en la costa de Levante de España. Con la primera podemos formar el grupo m) y clasificarlo en el precambriano, puesto que, si bien Cartagena se encuentra situada sobre una pequeñísima mancha del terreno diluvial y rodeada de asomas del triás y mioceno, no parece aventurado suponer que todos estos terrenos descansan sobre el estrato cristalino, que asoma a nueve kilómetros en el Cabo Tiñoso y que cubre la gran zona que desde las sierras de Alhamilla, Filabres y Cabrera, en la provin-

cia de Almería, se extiende, con ligeras alternancias de terrenos modernos, hasta el Cabo de Palos. Respecto a las cinco estaciones restantes, que forman el grupo n), aunque situadas sobre terrenos modernos, éstos se presentan en retazos aislados, que sin duda alguna descansan sobre las formaciones secundarias de mayor importancia situadas inmediatamente al Oeste y, por tanto, deben clasificarse en el mesozoico.

La misma clasificación daremos al grupo p), constituido por las estaciones de Teruel y Cieza, ambas enclavadas en la zona de depósitos secundarios, que por su parte occidental bordean a la meseta y que vienen a formar parte de la complicada orografía del sistema Ibérico.

Nos restan únicamente las estaciones de Granada, Baza y Lorca, todas ellas situadas sobre terrenos modernos, pero en situación tal, que por su parte Suroeste se encuentran influídas por los terrenos precambrianos o primarios que constituyen las sierras Nevadas, Filabres, de las Estancias, de los Aljibes y de Almenara, que forman hacia Levante prolongación del sistema Bético, y por el Noroeste, por los terrenos secundarios y terciarios, que igualmente integran las sierras de Espuña, de María, de Pozo Alcón y de Harana, y que prolongándose hacia Pionente hasta Tarifa, forman la orla meridional de la meseta, análoga a la que por el Este de la misma constituyen las diversas sierras del sistema Ibérico. Esta complicación orográfica y tal mosaico de terrenos hacen imposible su clasificación desde el punto de vista que nos hemos propuesto, si obrando imparcialmente no nos dejamos influir forzando nuestro criterio para llegar a un resultado más satisfactorio, por lo cual, con las tres estaciones enumeradas, formaremos un grupo r), que quedará sin clasificar.

El resumen de todo lo expuesto puede verse en el estado siguiente:

Resumen de las anomalías de la gravedad en las estaciones corregidas isostáticamente y agrupadas con arreglo a la clasificación segunda.

GRUPO	Número	ESTACIÓN	Anomalía	Suma algebraica	Promedio	Clasificación
a) Estaciones situadas sobre la meseta Ibérica y que presentan al descubierto los terrenos antiguos.....	20 18 19	Plasencia..... Fuenteovejuna .. Cortegana.....	0,015 0,040 0,077	0,132	0,044	Precambriano
b) Estaciones situadas sobre la meseta, pero emplazadas en los terrenos terciarios de gran extensión y profundidad de ambas Castillas.....	1 8	Madrid Palencia	- 0,081 - 0,001	- 0,082	- 0,016	Cenozoico
c) Estaciones situadas sobre la meseta y en el borde occidental del lago terciario de Castilla la Nueva.....	18 28 17	Toledo..... Alcázar de S. Juan. Ciudad Real....	0,018 0,002 0,028	0,043	0,014	Precambriano y paleozoico
d) Estaciones inmediatas a la meseta y en el borde oriental del lago terciario de Castilla la Nueva.....	16 14 27	Sigüenza..... Cuenca..... Albacete.....	- 0,020 - 0,024 - 0,006	0,002	0,001	Mesozoico
e) Estaciones que bordean la meseta por su límite meridional.....	23 21 6	Andújar	0,026			
		Sevilla.....	0,032	0,097	0,032	Paleozoico
		Huelva	0,039			
f) Estaciones situadas en la depresión del Guadalquivir.....	22 1	Écija	- 0,028	- 0,061	- 0,030	Cenozoico
		San Fernando	- 0,038			
g) Estación en la costa Sur de España y en su parte más meridional.....	7	Tarifa	- 0,072	- 0,072	- 0,072	Cenozoico
h) Estaciones situadas en la costa Sur de España y en las vertientes meridionales de la Cordillera Bética	2 29 30	Duque..... Málaga	0,055 0,061	0,159	0,058	Precambriano y paleozoico
		Motril	0,048			
m) Estación de la costa de Levante, situada sobre terrenos modernos que recubren otros antiguos.....	4	Cartagena.....	0,057	0,057	0,057	Precambriano
n) Estaciones situadas en la costa de Levante, sobre terrenos modernos que recubren otros secundarios.....	5 9 10 11 12	Torrejón..... Alicante	0,028 0,025			
		Denia.....	0,028	0,102	0,020	Mesozoico
		Valencia.....	0,017			
		Roquetas.....	0,009			
p) Estaciones enclavadas en la zona de depósitos secundarios que por su lado occidental bordean la meseta.....	15 28	Teruel..... Cieza.....	- 0,028 - 0,021	- 0,044	- 0,022	Mesozoico
r) Estaciones situadas en terrenos que por su complejidad geológica son difíciles de clasificar.....	3 24 25	Granada..... Baza	- 0,072 - 0,057	- 0,111	>	
		Lorca.....	0,018			

Englobando los datos consignados en el cuadro anterior, podemos formar el siguiente:

RESUMEN

TERRENOS GEOLÓGICOS	Sección-	NÚMERO DE ESTACIONES		SUMAS DE LAS ANOMALÍAS		PROMEDIOS
		Parciales	Totales	Parciales	Totales	
Precambriano.....	a) m)	3 1	4	0,132 0,057	0,189	0,047
Precambriano y paleozoico.....	c) h)	3 3		0,048 0,159	0,202	0,084
Paleozoico	e)	8	8	0,097	0,097	0,082
Mesozoico.....	d) n) p)	8 5 2	10	0,002 0,102 - 0,044	0,060	0,006
Cenozoico.....	b) f) g)	2 2 1	5	- 0,032 - 0,061 - 0,072	- 0,185	- 0,038
Indefinidos por su complejidad	r)	3	3	- 0,111	- 0,111	>
TOTALES.....		31	31	0,272	0,272	>

Del examen de este cuadro resumen del trabajo reseñado, que sólo presentamos como un avance del estudio que se hace preciso llevar a cabo en España, se deduce que es evidente la relación entre el signo y magnitud de las anomalías y la composición geológica del terreno. Obsérvese cómo la máxima anomalía media positiva corresponde a los terrenos precambrianos, y su valor absoluto va en disminución hasta cambiar de signo y obtener las negativas en los terrenos del terciario y cuaternario.

Este hecho está de acuerdo con lo que sucede en los Estados Unidos, puesto de manifiesto primero por Mr. Bowie y comprobado más tarde por D. White. Este distinguido autor deduce además, como resultado de sus observaciones, una

porción de conclusiones aplicables a su país, pero que no sabemos si lo serán en España, por lo que preferimos no recogerlas aquí. Sólo estaremos en condiciones de hacerlo cuando dispongamos de un crecido número de estaciones y se realice el estudio geológico que juzgamos indispensable en relación con cada anomalía y que debe preceder a toda interpretación sobre el equilibrio isostático en cualquier zona.

A título de curiosidad insertamos a continuación dos cuadros análogos a los anteriores, pero tomando para valores de las anomalías los valores expresados por ($g''_0 - \gamma_0$), o sea con arreglo al método de Bouguer, sin tener en cuenta la compensación isostática. Estos valores están tomados de la Memoria ya citada del Sr. Sans Huelin y titulada *Rapport sur les Travaux de l'intensité de la pesanteur en Espagne*.

Resumen de las anomalías de la gravedad, calculadas con arreglo al método de reducción de Bouguer y agrupadas con arreglo a la clasificación segunda.

GRUPO Y CLASIFICACIÓN	Número	ESTACIÓN	ANOMALÍA	SUMA ALGEBRAICA
a) Precambriano.....	20 18 19	Plasencia..... Fuenteovejuna..... Cortegana.....	- 0,088 0,008 0,061	0,081
b) Cenozoico.....	1 8	Madrid..... Palencia.....	- 0,105 - 0,067	- 0,172
c) Precambriano y paleozoico....	13 28 17	Toledo..... Alcázar de S. Juan.. Ciudad Real.....	- 0,041 - 0,055 - 0,027	- 0,128
d) Mesozoico.....	16 14 27	Sigüenza..... Cuenca..... Albacete.....	- 0,049 - 0,086 - 0,043	- 0,178
e) Paleozoico	23 21 6	Andújar..... Sevilla..... Huelva.....	- 0,021 0,016 0,039	0,034
f) Cenozoico.....	22 1	Écija..... San Fernando.....	- 0,063 - 0,036	- 0,089
g) Cenozoico.....	7	Tarifa.....	- 0,078	- 0,078
h) Precambriano y paleozoico...	2 29 30	Duque..... Málaga..... Motril.....	0,040 0,037 0,015	0,092
m) Precambriano.....	4	Cartagena.....	0,066	0,066
n) Mesozoico	5 9 10 11 12	Torrejón..... Alicante..... Denia..... Valencia..... Requeta.....	0,028 0,016 0,020 - 0,007 - 0,025	0,032
p) Mesozoico	15 26	Teruel..... Cieza.....	- 0,096 - 0,055	- 0,151
r) Sin clasificar.....	3 24 25	Granada..... Baza .. Lorca.....	- 0,132 - 0,106 - 0,006	- 0,244

Englobando estos valores en forma análoga a la efectuada anteriormente, llegamos al siguiente

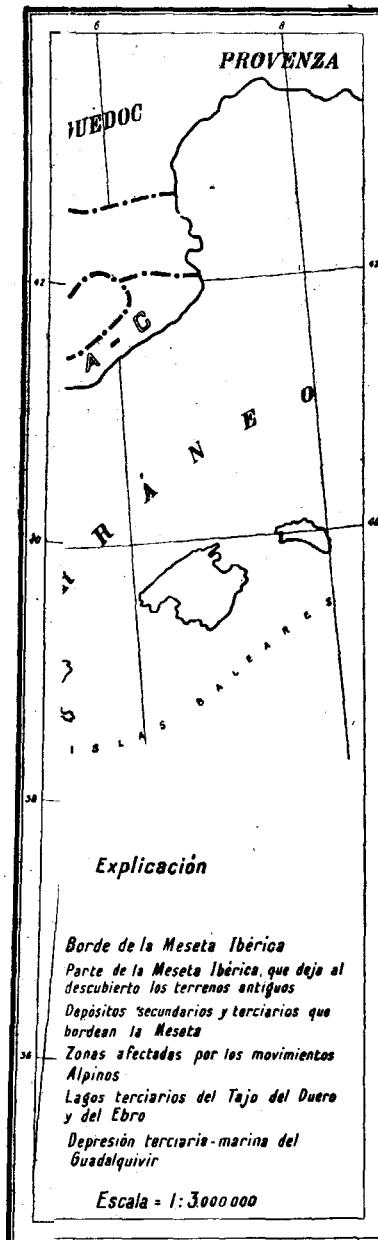
RESUMEN

TERRENOS GEOLÓGICOS	Siglo-nos	NUMERO DE ESTACIONES		SUMA DE LAS ANOMALÍAS		PROMEDIOS
		Parciales	Totales	Parciales	Totales	
Precambriano.....	a)	3	4	0,081	0,097	0,024
	m)	1		0,066		
Precambriano y paleozoico.....	c)	8	6	- 0,123	- 0,081	- 0,005
	h)	8		0,092		
Paleozoico.....	e)	3	3	0,084	0,084	0,011
Mesozoico.....	d)	3		- 0,178		
	n)	5	10	0,082	- 0,297	- 0,030
	p)	2		- 0,151		
Cenozoico.....	b)	2		- 0,172		
	f)	2	5	- 0,089	- 0,339	- 0,068
	g)	1		- 0,078		
Indefinidos por su complejidad.....	r)	3	3	- 0,244	- 0,244	- 0,081
TOTALES.....		31	31	- 0,780	- 0,780	

Comparando este resumen con el obtenido anteriormente para las estaciones compensadas isostáticamente, obtenemos el siguiente resultado:

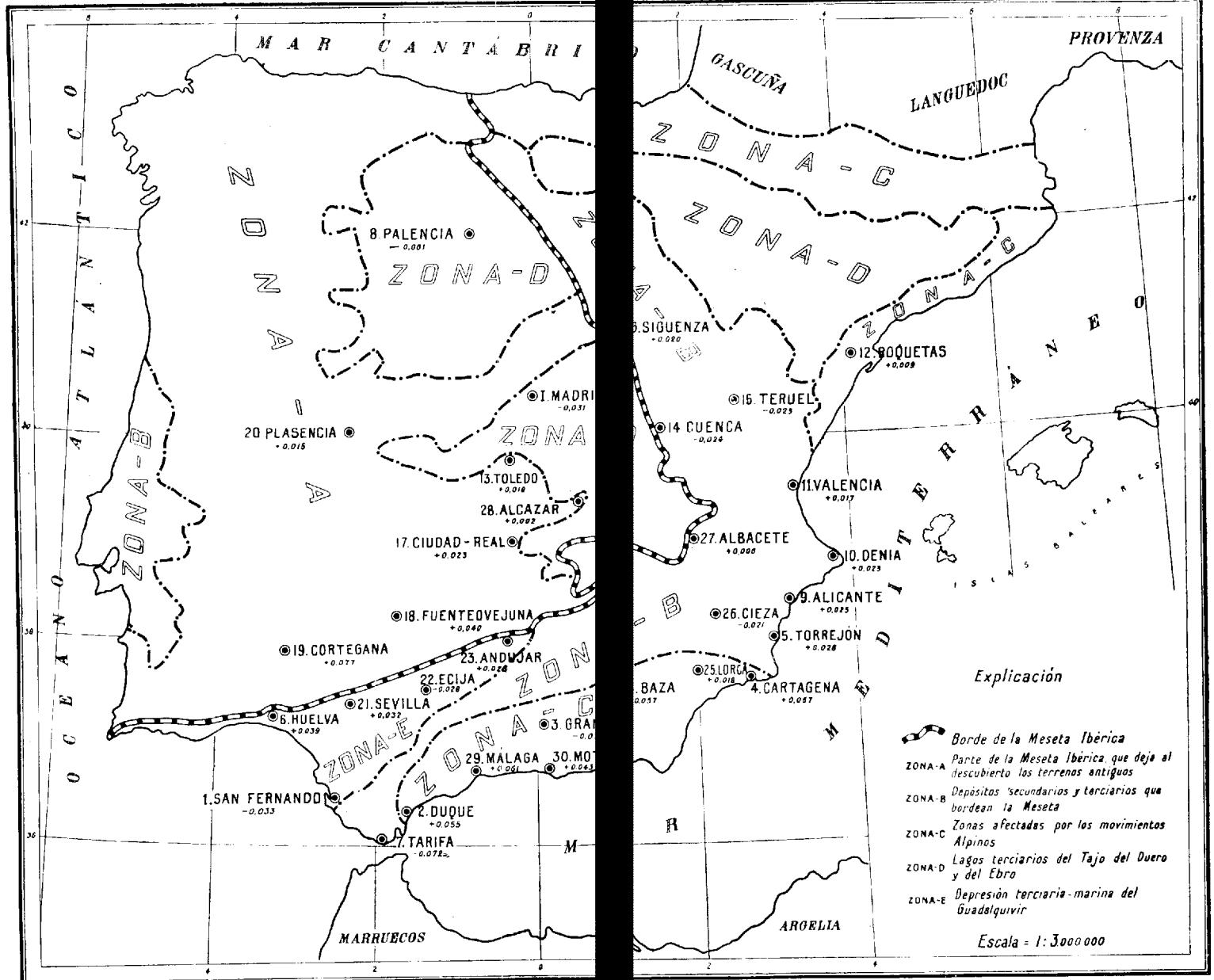
TERRENOS GEOLÓGICOS	Promedios obtenidos por el método de Bouguer $(g''_0 - \gamma_0)$	Promedios obtenidos haciendo la compensación isostática $(g - g_c)$
Precambriano.....	0,024	0,047
Precambriano y paleozoico.....	- 0,005	0,084
Paleozoico.....	0,011	0,032
Mesozoico.....	- 0,080	0,006
Cenozoico.....	- 0,068	- 0,033

Como puede verse por la comparación precedente, los resultados obtenidos utilizando la compensación isostática parecen más favorables.



ICAMENTE





ESTACIONES GRAVIMÉTRICAS DE ESPAÑA COMPENSADAS ISOSTÁTICAMENTE
Y VALOR DE ANOMALIAS



GÉNESIS DE LOS CRIADEROS METALÍFEROS

TEORÍA
TERMOSIFONIANA

EXPOSICIÓN.—COMPROBACIONES
APLICACIÓN A ALGUNOS CRIADEROS
ESPAÑOLES

POR

PABLO FÁBREGA

Profesor, Doctor e Ingeniero de Minas.

GÉNESIS DE LOS CRIADEROS METALÍFEROS

TEORÍA TERMOSIFONIANA

I

EXPOSICIÓN DE LA TEORÍA TERMOSIFONIANA

ANTECEDENTES

Tan sólo para que sirva de nueva orientación en el interesante proceso de la génesis de los criaderos metalíferos nos atrevemos a lanzar a la publicidad una teoría que, para nosotros, resuelve una porción de dificultades y lagunas que dejan sin explicar y llenar las anteriores, en especial las que, como la hidrotermal *per ascensum*, se aplican hoy con carácter de generalidad a los criaderos de tipo filoniano.

La nueva hipótesis de ningún modo excluye las «segregaciones magmáticas», las «sublimaciones», los procesos «pneumatolíticos» ni los de «acuo-ígnea-fusión», pues se aplica más bien, repetimos, a la génesis de esos tipos filonianos en que la *costrificación* de las paredes indica un proceso hidrotermal *per ascensum*, y a la de esos yacimientos llamados *metasomáticos*, porque en ellos ha sido sustituida una sustancia por otra.

Nuestra teoría aclara muchos de los puntos oscuros de las hipótesis anteriores; preferentemente el que pudiéramos

llamar fenómeno de «persistencia del hueco» en las grietas filonianas, persistencia inconcebible, dado el lento proceso de la génesis de los criaderos, ante la constante tendencia de la corteza terrestre a adaptarse al núcleo, o sea a obliterar con sus empujes tangenciales las grietas profundas; también hace innecesario el oscuro fenómeno de esa especie de levigación de rocas endógenas, o las venidas de aguas magmáticas, «juveniles» o de la pirosfera, que suponen las teorías de Le Conte, Van Hise, Suess y Posepny; además, nuestra hipótesis «termosifoniana» puede explicar mejor que las anteriores el raro caso de esos filones ciegos, o sin salida a la superficie, que son bastante comunes en Freiberg y muy corrientes en los distritos mineros de Cartagena (España), en el Colorado (Estados Unidos) y en otra multitud de campos metalíferos; y, por último, aclara mucho el raro fenómeno de la distribución de la riqueza filoniana en columnas, árboles, etc.

Teoría hidrotermal «per ascensum».—Recordaremos que la teoría hidrotermal *per ascensum*, después de Le Conte, Van Hise, Posepny y Suess, se puede concretar en las siguientes líneas:

Los criaderos metalíferos provienen en general de disoluciones alcalinas de gran presión y termalidad, por ser aquéllas las disolventes naturales de los sulfuros metálicos, que son las «menas primarias» por excelencia.

Las aguas de infiltración que provocan estas disoluciones y precipitaciones, o las aguas de la pirosfera, o las «juveniles» de Suess, se mueven en todos los sentidos; pero en la última parte de su ciclo, por la disminución de densidad merced a su elevación de temperatura, lo hacen de *abajo arriba*, y la pérdida de presión y temperatura provocada por el ascenso, aparte de las reacciones con la roca lateral, es la causa de que rellenen con sus elementos metalíferos los espacios vacíos, engendrando criaderos minerales.

El límite de circulación de estas aguas podrá alcanzar al máximo una profundidad de 16 kilómetros; todos los criaderos son, pues, fenómenos corticales, y el encontrarse preferentemente en las regiones montuosas próximas a rocas intrusivas, eruptivas o metamórficas, se debería, según Le Conte y Van Hise, a que son más comunes las grandes hendiduras corticales en las montañas que en las mesetas, y, según Posepny y Suess, a que el metamorfismo o las emisiones endógenas, indicando una mayor proximidad de la termoesfera, hacen posible la venida de aguas metalíferas de procedencia «magmática».

El agua marina es débilmente metalífera.—Pues bien: la teoría «termosifoniana» no necesita ni aguas de levigación ni aguas pirosféricas, pues le basta el agua marina, cuya composición química media es la siguiente:

CUERPOS DISUELtos EN EL AGUA DEL MAR	Tanto por 1.000
Cloruro de sodio.....	27,10
— magnésico.....	3,90
Bromuro magnésico.....	0,10
Sulfato de calcio	1,20
— de potasio.....	0,90
— magnésico	1,70
Carbonato de calcio.....	0,10
TOTAL.....	35,00

Además, el agua marina contiene algo de sílice, y en pequeñas cantidades, casi todos los metales pesados, entre ellos los siguientes:

Oro, en proporción de 3 a 30 miligramos por tonelada.	
Plata, — de 19 a 130	—
Cobre, — de 2	—
Plomo, — de 3	—
Cinc, — de 30	—

Hay, por otra parte, determinadas zonas donde la sal marina contiene cerca de medio gramo de oro por tonelada, y

sospechamos nosotros que las aguas de los fondos oceánicos, en las regiones costeras donde abunden rocas endógenas, y sobre todo en las zonas próximas a los volcanes submarinos, han de ser una especie de *aguas madres* francamente metalíferas, pues el arrastre de elementos metálicos continentales en el primer caso, y las lavas y las fumarolas en el segundo, proporcionarán un mayor porcentaje de minerales pesados.

FUNDAMENTOS DE LA TEORÍA «TERMOSIFONIANA»

Con estas premisas, la nueva teoría «termosifoniana» consiste en suponer:

1.º Que la mayor parte de los campos filonianos han debido ser formados a lo largo de las zonas litorales, *debajo del mar*, bien donde haya habido volcanismo submarino, ya donde el terreno de la costa presente abundancia de rocas de origen ígneo.

2.º Que los vapores ardientes de las emisiones volcánicas, en el primer caso, o las erosiones continentales ejercidas sobre las rocas ígneas, en el segundo, necesariamente han debido de impregnar el agua del fondo de los mares de las respectivas regiones con disoluciones metalíferas, todo lo extremadamente diluidas que se quiera, pero formando a la postre una especie de *aguas madres*, que se conservarían en una quietud casi absoluta si no hubiera un fenómeno que las movilizara.

3.º Que esta movilización de las *aguas madres* del fondo del mar, es necesariamente forzosa cuando concurre, con la presencia de aquéllas, la existencia de grietas submarinas, producidas por terremotos o por otros movimientos corticales (1), pues entonces, al ponerse en conexión una región fría,

(1) En 1884 se rompieron simultáneamente, en línea recta, tres cables submarinos, espaciados a distancia de 16 kilómetros. En las costas del Ecuador se observaron en pocos años desniveles o saltos de más de 300 metros (Milne, *Geographical Journal*, 1897), etc., etc.

el fondo de los mares, con una región de gran termalidad, la del fondo de las grietas (1), necesariamente han tenido que nacer dentro de las propias hendiduras corrientes *termosifonianas*, en las que el agua caliente subirá por las paredes, que son las que dan el calor, y el agua fría bajará por el centro, formándose así *circuitos transversales* a las grietas respectivas (fig. 1.ª).

En efecto, no hay que olvidar que un kilogramo de agua dulce a 4 grados, temperatura corriente en los grandes fondos

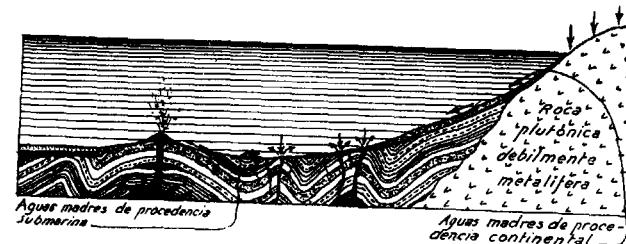


Fig. 1.ª.—Circuitos termosifonianos transversales.

marinos, tiene un volumen de 0,001000 metros cúbicos, y el mismo kilogramo a 100 grados tiene 0,001043 metros cúbicos, o sea 43 milímetros de diferencia en cada metro de altura en conductos comunicantes (2), o 130 metros en 3.000, que es, para una grieta cortical, una profundidad corriente. Ello quiere decir que habrá suficiente presión para que la corriente ascensional «termosifoniana» adquiera verdadera importancia y dure siglos y siglos, mientras perduren las condiciones de conductividad de la corteza terrestre, mejor dicho, mientras haya diferencia, a favor de las rocas de la caja, entre el calor ab-

(1) Con un grado geotérmico de 33 metros bastaría que las grietas tuvieran 3.000 metros de profundidad para que el fondo de las mismas estuviera a 100 grados.

(2) Próximamente a 100 grados un 4 por 100 más de volumen que a 0 grados.

sorbido por las aguas ascendentes y el perdido por las paredes, pues a medida que esta diferencia se aproxime a cero, el proceso ascensional irá paulatinamente decreciendo, sin llegar jamás a ser nulo mientras le quede a la tierra algún calor que transmitir.

Pero esta movilización en circuito *transversal*, se efectuará únicamente cuando el afloramiento submarino de la hendidura sea aproximado a la horizontal, pues si la fisura corta

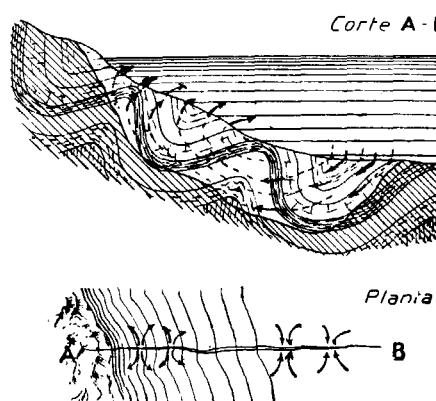


Fig. 2.º — Circuito termosifoniano *laminar*.

más o menos normalmente una playa o fondo de rápido declive, entonces, como un extremo de la grieta se encuentra más alto que el otro, habrá en sentido *longitudinal* una zona o amplia faja vertical, la más próxima a la costa, de mayor termalidad media que la otra zona de mar adentro, y, en su consecuencia, la corriente *termosifoniana*, todo lo lenta que se quiera, se establecerá, entrando en forma de lámina las aguas madres submarinas, por la parte más adentrada en el mar, y surgirá submarina, y a veces continentalmente, por la zona más alta de la hendidura, formando un amplio *circuito laminar* con la convexidad hacia el fondo de la misma (fig. 2.º).

Por último, se formará un *circuito tubular*, típicamente

termosifoniano, en el caso que exista un campo de grietas submarinas que se corten entre si (como son la mayor parte de los campos filonianos metalíferos), siempre y cuando, como es natural, afloren aquéllas a distintos niveles, unas en la costa y otras mar adentro, y siempre y cuando el desnivel entre los respectivos afloramientos, sea menor que el correspondiente a la diferencia de termalidad de las columnas submarina y costera, pues entonces el *agua madre* entrará por la boca de las ramas que afloren en el mar y surgirá por aquéllas que abocuen más próximas a la costa (fig. 3.º).

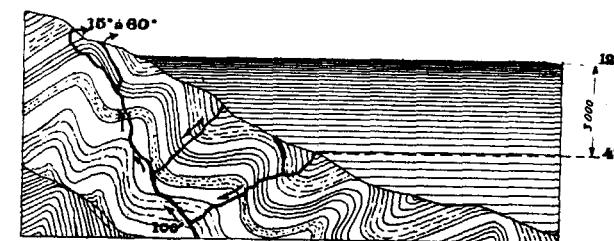


Fig. 3.º — Circuito termosifoniano *tubular*.

4.º Que, en uno y otro caso, al ascender las aguas marinas termales con sus débiles disoluciones metalíferas, reaccionarán con las rocas de la caja, precipitarán contra éstas la sustancia en exceso, formándose así *criaderos filonianos* de tipo *costrificado*, pues contra la lentitud del proceso y la débil concentración metalífera está la duración secular del mismo (1).

De este sencillo modo pueden formarse *filones submarinos* que los movimientos terrestres se encargan de poner posteriormente al descubierto, y también *filones aflorantes* en la costa, como el que expresa la figura 3.º, pues todo dependerá, como

(1) Por ello quizás la precipitación primera, en los contactos, es la de la calcita, espato fluor, etc., etc., y luego, por reacción de estas sustancias con los minerales metálicos, se llenará con bandas metalíferas la zona central de los filones.

ya dijimos, de que el reticulado de las hendiduras submarinas fuera tan extenso que salieran al exterior, y tan profundo que el exceso de termalidad venciera el desnivel existente entre la superficie del mar y la emergencia de los manantiales termales a que diera lugar.

CRIADEROS METASOMÁTICOS

Además, también explica la nueva teoría *termosifoniana* la génesis de los criaderos *metasomáticos* por extensos que fueren.

En efecto, si una capa de caliza basta, más o menos per-



Fig. 4.^a — Génesis de un yacimiento metasomático en posición sinclinal.

meable, se hallara debajo del mar, cubierta por otra roca más impermeable, y por una ondulación cortical cambiara su posición horizontal submarina por una de fuerte inclinación, bastaría que en el sinclinal formado se produjera alguna grieta, o que la capa aflorara en el fondo del mar, para que, por esta baja cabecera, descendieran las aguas marinas a fondos de mayor termalidad, y adquiriendo presión ascensional, tendieran a establecerse corrientes «termosifonianas» por las fisuras, intersticios y huecos de la capa impermeable *inclinada*, pues ésta tendría su concavidad o punto más bajo en región profunda *termal* y su cabecera en zona elevada más fría (fig. 4.^a).

Así, lentamente, si el *agua madre* llevara sustancias metalíferas, por débiles que fueran las disoluciones, las iría pre-

cipitando en los intersticios y huecos de la roca matriz, amén de ir disolviendo y sustituyendo a ésta, sea produciéndose criaderos *metasomáticos* de distintos tipos y, a veces, de enorme extensión, dada la inmensidad de tiempo que puede durar este proceso de génesis.

Es más, durante el largo lapso de la formación pueden darse, dentro de la misma roca matriz, consecutivamente, tipos distintos de mena, pues bastaría que el agua madre del fondo marino cambiase ligeramente de composición, sea por agotarse en ella una de las sustancias metálicas, sea porque



Fig. 5.^a — Génesis de un yacimiento metasomático en posición anticlinal.

el proceso volcánico submarino, que con sus fumarolas reponen al mar de sustancias metálicas, cambiara de fase y de tipo de emanaciones, sea porque los aportes de los ríos tributarios, en su ciclo erosivo, fueran denudando rocas distintas.

Igualmente, si debajo del Océano, a consecuencia de una ondulación cortical, sufriera cualquier gruesa capa caliza una combadura hacia arriba con resquebrajamientos en el codo (figura 5.^a), como suponen ha sucedido con la roca matriz de los criaderos del Messabi (Lago Superior, E. U.), bastaría tal fenómeno para que en cada una de las grietas formadas se estableciera una corriente «termosifoniana», y entre todas fueran corroyendo la roca matriz, sustituyéndola, *metasomati-*

zándola, a poca sustancia metalífera que contuvieran las aguas submarinas del fondo oceánico.

Por parecido proceso pueden fácilmente explicarse esos grandiosos yacimientos ferríferos norteamericanos; y con diferencia de edad, y quizás con la combinación de éste y del anterior, puede también concebirse la génesis de los no menos grandiosos criaderos de hierro de Bilbao y de los de cinc de Santander.

En todo caso, si fueron submarinos y hoy son continentales, se debe simplemente a un posterior proceso de emersión.

IMPORTANCIA DE LOS COLOIDES EN LA MINEROGÉNESIS

En cuanto al proceso químico, y aparte de los notables estudios del Dr. Krusch acerca de la importancia de los coloides en la minerogénesis, nuestra teoría ha recibido un apreciable y valiosísimo refuerzo con la preciosa conferencia que el eminente Catedrático de Química de la Universidad de Zaragoza, D. Antonio de Gregorio Rocasolano, dió con motivo del reciente Congreso Internacional de Geología, en la cual demostró que cuando en un sistema disperso, sea cual fuere su grado de dispersión, se separa la fase dispersa, el sistema coagula, pudiendo hacerse un estudio general de este fenómeno, apareciendo como caso particular la cristalización.

Citó hechos experimentales, auxiliado con proyecciones, de los que se deduce que para que un cuerpo cristalice ha de adoptar, parcialmente al menos, el estado coloidal, porque las micelas dispersas son núcleos cristalinos.

Manifestó el origen de las cristalizaciones imperfectas, como la formación de la plata dendrítica y de las filigranas de plata nativa, y la obtención experimental de cristalizaciones imperfectas de plata mediante coagulación en campo eléctrico de hidrosoles argénticos, y la formación de filigranas de plata

por acciones iónicas, de las cuales proyectó unas diapositivas; y terminó su brillante disertación hablando de sus estudios sobre la formación de yacimientos de hidróxido de hierro en forma de hidrogel, aplicándoles a las aguas termales ligeramente ferruginosas de los baños de Fitero (Navarra).

RESUMEN

Por lo que antecede, y sin más ampliaciones, aunque bien lo merece el problema, vemos que la teoría *termosifoniana* puede sustituir, en sentido general, a la clásica «hidrotermal per ascensum»: explica la persistencia del hueco, pues una vez formada la grieta infraoceánica, quedará instantáneamente rellena por agua marina, a presión de muchas atmósferas, impidiendo el cierre; hace innecesario el oscuro proceso de la circulación del agua meteórica, o de la magmática; explica la posibilidad de filones ciegos, asimilándolos a las incrustaciones que se forman en las tuberías de los «termosifones» conectados con nuestras vulgares cocinas económicas; y también, por último, aclara esas raras distribuciones de riquezas en árboles, columnas, niveles, etc., pues ella dependerá, pura y exclusivamente, de la facilidad que la corriente termosifoniana encuentre en su lento camino de ascensión desde la región termal infrasubmarina, a la fría submarina o continental por donde emerja.

II

COMPROBACIONES DE LA TEORÍA TERMOSIFONIANA

Manantiales salinotermales de La Toja (Pontevedra)

En el extremo meridional de la isla llamada de Loujo o de La Toja situada en la ría de Arosa, cerca de su orilla oriental, en el Ayuntamiento del Grove (Pontevedra), cuya isla, orientada de Norte a Sur, tiene unos cinco kilómetros de perímetro, en terreno granítico, entre las hendiduras de las rocas, y con presión suficiente para surgir un poco más altas que el nivel del mar, sin que en los manaderos se perciba variación por las mareas, y con la particularidad de que a 500 metros de los baños hay otro manantial de aguas potables, nacen dos venenos termales extraordinariamente salinos, que se conocen con los nombres de «La Burga» y «Asunción», acusando sus manantiales temperaturas de 60 y 32 grados respectivamente, los cuales, por su composición y por el sitio de emergencia, comprueban, a nuestro juicio, de un modo absoluto la teoría «termosifoniana».

En efecto, a juzgar por los ensayos que acompañamos, difícilmente podrán explicarse de otra manera, puesto que aquellas aguas contienen 23 gramos de cloruro de sodio por cada litro de líquido, y en la marina asciende esta sal como sabemos a 27 gramos; sea la pequeña diferencia de 4 gramos en sal gema y de 6 gramos si se toma como término comparativo la total salinidad de unas y otras.

ANÁLISIS DEL AGUA DEL MAR Y DE LAS DE LA TOJA

	Marina	La Burga	Asunción
Temperatura, 60°.....	>	>	>
Densidad.....	"	1,02109	1,020643
Residuo fijo a 160°.....	"	29,520	28,8380
<i>Gases que se desprenden espontáneamente.</i>			
Anhídrido carbónico	"	50,34	24,28
Nitrógeno	"	49,66	75,72
<i>Sales disueltas en un litro.</i>			
Cloruro sódico	27,10	23,04959	22,48076
— potásico	"	2,08872	2,13376
— lítico	"	0,14236	0,14423
— amónico	"	0,01711	0,03745
— cárlico	"	2,39572	2,17292
— magnésico.....	3,90	0,48169	0,68073
Sulfato cálcico	1,20	0,46920	0,57113
— potásico	0,90	"	"
— estrónico	"	0,02785	0,02985
— magnésico	1,70	"	"
Bicarbonato cálcico.....	0,10	0,55234	0,51843
— ferroso.....	"	0,02648	0,03868
— manganeso	"	0,00626	0,00662
Bromuro sódico.....	"	0,07748	0,06979
— magnésico.....	0,10	"	"
Arsenato sódico	"	0,00144	0,00163
Silice.....	"	0,08592	0,07880
TOTALES.....	35,00	29,42416	28,96478

Estudiaremos separadamente los dos fenómenos, *físico* y *químico*, que las caracteriza:

Fenómeno físico. — El fenómeno *físico* de la surgencia es perfectamente explicable dentro de nuestra teoría, pues bastará suponer que el agua marina del fondo de la fosa que existe frente de las rías gallegas penetra por una o varias de las múltiples fisuras diaclásicas que presenta la roca granítica del subsuelo de aquella región, y que descienda por ellas hasta

una profundidad aproximada a los 2.000 metros, adquiriendo así la temperatura de la línea isogeotermal de 60 grados, y que allí encuentra otra grieta u otra serie de grietas que, formando termosifón con las primeras, abocan a la playa donde nacen los manantiales. Pues entonces, el agua termal, encontrándose, en la rama más subterráneamente corta, taponada, por decirlo así, por el agua fría de la profundidad marina, tenderá a ascender por la rama larga que aflora en la costa casi a nivel del mar.

Y sucederá así, pues el peso de la columna que nace del fondo del mar, a unos 500 metros de profundidad, supuesta prolongada verticalmente hasta la superficie de aquél, correspondería al de una rama de 2.500 metros de agua a 30 grados de temperatura media, y el peso de la columna costera sería el correspondiente a otra de parecida altura, a 60 grados. Sea que, para conservar el equilibrio en los conductos, las alturas respectivas de los tubos comunicantes deberían estar en relación directa con sus volúmenes unitarios y, por tanto, la columna de 2.500 metros a 30 grados, estaría compensada por otra de 2.532 metros a 60 grados (1); o lo que es igual, que el manantial de La Burga podría surgir a 32 metros sobre el mar, y con mayor razón a la pequeñísima altitud a que hoy emerge (2).

Fenómeno químico. — En cuanto al fenómeno *químico*, bastará observar que, ascendiendo a 35 por 1.000 la salinidad marina, llega al 29,42 la de las aguas de La Toja, estribando la principal diferencia, como se observará por la comparación de sus análisis, en el contenido en cloruro y sulfato de mag-

(1) El volumen de 1 kilogramo de agua a 30° es 0,001004.

» 1 » » a 60° es 0,001017.

Relación de volúmenes $\frac{0,001017}{0,001004} = 1,013$.

(2) Hacemos caso omiso del templado manantial de la Asunción, pues ello se debe a no estar debidamente captado; si lo estuviera, surgiría tan termal como La Burga.

nesia, de 5,60 por 1.000 en junto para las aguas del mar, y de sólo 0,50 en promedio para las de La Toja, o sea un 5 por 1.000 de diferencia.

Pues bien: si se tiene en cuenta el anhídrido carbónico que los manantiales de La Toja desprenden, y que los lodos que llevan en suspensión son ricos en magnesia—lo cual demuestra reacciones del agua marina descendente con las rocas de la caja, que son silicatos alcalinos con ausencia total de magnesia—, no debe extrañar la desaparición de la mayor parte de esta sustancia alcalinotérrea, ni la incorporación a los barros o lodos de La Toja de la magnesia, alúmina, sílice y óxido de hierro; la primera, procedente del agua marina; las dos siguientes, de la descomposición de los elementos esenciales de las rocas graníticas; y el hierro, de la vitriolización de las pintas de pirita tan diseminadas en las rocas ígneas de tipo granítico.

Por otra parte, bueno será anotar que la composición excesivamente ferruginosa de los lodos de La Toja, cuyo ensayo también acompañamos (1), hace ver la facilidad con que dichos manantiales podrían crear filones de hematites, si la primera costrificación de las paredes de la caja de las grietas de surgencia favoreciera la precipitación de los compuestos de hierro; bien mantos o capas ferríferas de baja ley, cuyo enriquecimiento posterior podría efectuarse por procesos de orden secundario, a poca oscilación ascendente que sufriera la playa donde se depositaran.

(1) COMPOSICIÓN DE LOS LODOS O BARROS DE LA TOJA:

Óxido férrico	17,50 por 100.
Alúmina	7,70 —
Silice.....	2,15 —
Cal.....	0,40 —
Magnesia.....	1,45 —
Anhídrido carbónico	0,64 —
— arsénico.....	7,60 —

Son, pues, los célebres manantiales de La Toja verdaderamente dignos de un estudio delicado y concienzudo, tanto como comprobación para nuestra teoría «termosifoniana» cuanto para los procesos químicos de la minerogénesis.

Los filones de Sierra Almagrera

Este importante distrito metalífero de la provincia de Almería ocupa un pequeño macizo montuoso constituido por

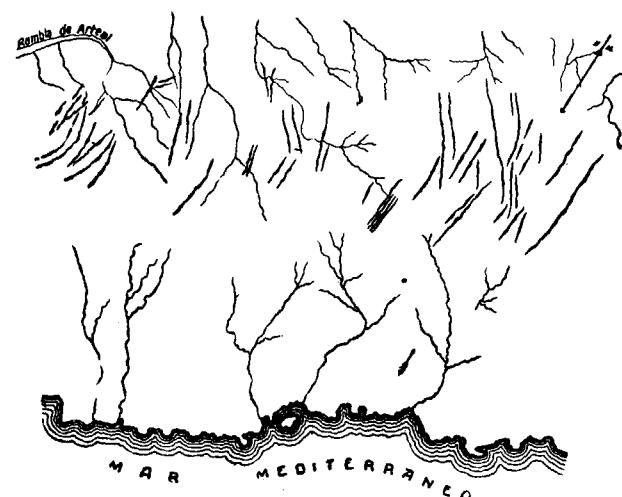


Fig. 6.^a—Plano filoniano de Sierra Almagrera (Almería).
(1/50.000.)

pizarras satinadas lustrosas y retorcidas de edad arcaica, en la costa Noroeste del golfo de Vera. Pues bien: dicha serrezuela arcaica, como si hubiese sido estrujada mandibularmente entre dos contrafuertes, está resquebrajada y rota, presentando una verdadera red de grietas y de líneas de fallas con intercomunicaciones subterráneas tan continuas, que baste decir que el desagüe iniciado atacando un soplado, sea un hueco geódico de cualquiera de los filones, influye en las demás,

haciendo bajar el nivel hidrostático de toda la región (figuras 6.^a y 7.^a).

Pues bien: en este distrito metalífero de Sierra Almagrera tiene nuestra teoría «termosifoniana» su más clara y definida aplicación.

En efecto, la red de aquel campo de fracturas, llega indiscutiblemente hasta el Mediterráneo, cortando el fondo submarino litoral como indica la figura 7.^a, pues las aguas termales que surgen por las grietas filonianas, ensayadas a la salida del

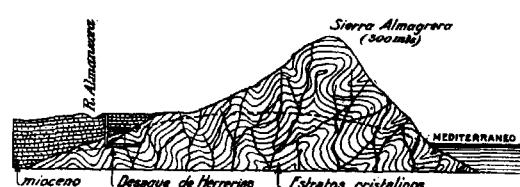


Fig. 7.^a—Corte geológico de Sierra Almagrera (Almería).

soplado, alcanzan parecida composición que el agua marina, como se ve en el ensayo adjunto.

Pues bien: si recordamos que la primera presentación de aguas termales de Sierra Almagrera fué a los 33 metros de desnivel sobre el mar, y que la temperatura que acusan es de 54 grados, es decir, unos 40 grados más que la del fondo del Mediterráneo, podremos deducir que hay establecido submarinamente un modo de sifón, parecido a lo que expresa la referida figura 3.^a, cuyo codo deberá encontrarse a unos 2.000 metros de profundidad, de acuerdo con el aumento de 1 grado por cada 33 metros de descenso, y con el distinto volumen que deberían tener las respectivas columnas.

SUSTANCIAS DISUELTA	Agua marina 13°	Agua de Sierra Almagrera 54°
	En 1.000	En 1.000
Cloruro de sodio.....	27,10	20,05
— de magnesio.....	3,90	1,50
Bromuro magnésico.....	0,10	»
Sulfato de calcio.....	1,20	2,38
— de potasio.....	0,90	»
— magnésico.....	1,70	»
Carbonato de calcio.....	0,10	1,65
— de hierro.....	»	0,02
Cloruro de calcio	»	2,35
Silice y otros.....	»	0,05
TOTAL EN 1.000 PARTES DE AGUA.....	35,00	28,00

Bueno será agregar que Sierra Almagrera es de reciente emersión, y que desde el mioceno superior, época de la mayor actividad volcánica, la costa, y con ella el campo filionario, ha ido levantándose, de tal modo, que en el golfo de Vera hay sedimentos marinos miocenos con foraminíferos y briozoarios de facies bathial; sea que los afloramientos filonianos que hoy se presentan hasta a 300 y 400 metros de altitud estuvieron mucho más bajos en la época de su formación, y quizás fuera un caso parecido al de La Toja.

III

APLICACIONES DE LA TEORÍA TERMOSIFONIANA
A ALGUNOS CRIADEROS ESPAÑOLES

Los filones de Linares-La Carolina

También a este importantísimo distrito de plomo de la provincia de Jaén — el cual ocupa una zona muy próxima, dentro del

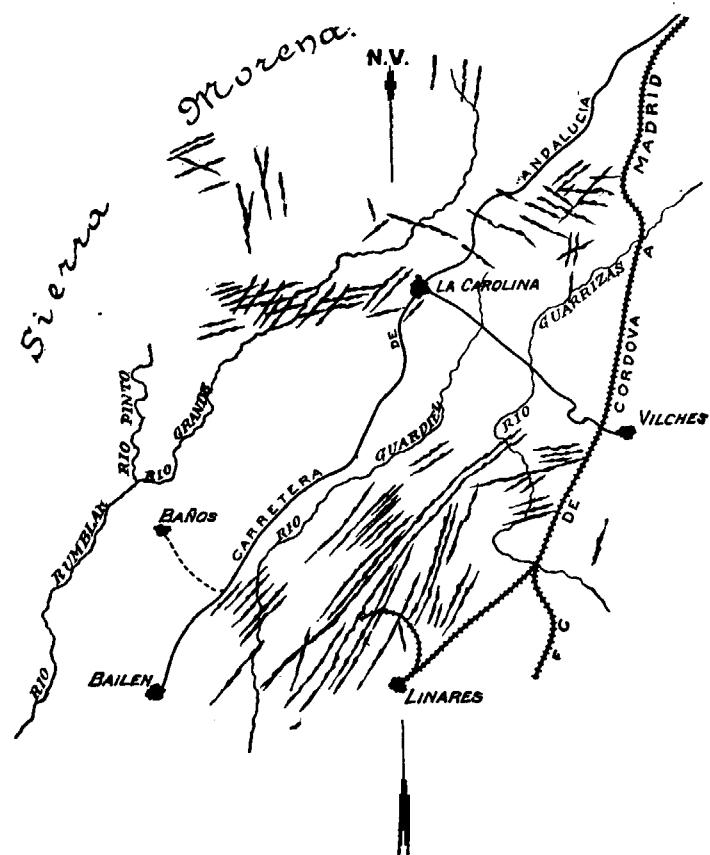


Fig. 8.^a — Campos filonianos del distrito plumbífero Linares-La Carolina (Jaén). (1/400.000)

macizo primario Ibérico, al escarpe oriental de la falla del Guadalquivir — con sus cincuenta y tantos filones (figs. 8.^a y 9.^a), podría aplicarse la teoría «termosifoniana», pues para nosotros, los campos de fractura de aquel distrito plumbífero debieron haberse producido en las postrimerías del carbonífero, cuando ya los mares permianos lamían aquellas costas; y decimos esto, pues muchos de los conglomerados que allí se tienen por base del triásico son probablemente permianos.

En condiciones parecidas a los que refleja la figura 3.^a, las aguas marinas, siempre débilmente metalíferas, y más si están



Fig. 9.^a — Corte geológico esquemático del distrito Linares-La Carolina.

próximas a zonas volcánicas o a macizos de rocas ígneas en procesos de denudación, al llenar las grietas del fondo y aumentar de termalidad, ganarían, como ya dijimos, con sólo una diferencia de 100 grados de temperatura, 4,30 metros de fuerza ascensional por cada 100 metros de desnivel; sea, que si las grietas tuvieron 3.000 metros, habría presión «termosifoniana» para que las aguas filonianas submarinas surgieran en el litoral a 130 metros de desnivel, costrificando los conductos por donde pasaron y engendrando filones metalíferos.

Los criaderos de hierro de Bilbao

En Vizcaya, la caliza coralina del aptense, de unos 40 metros de potencia, se intercala entre unas psamitas que le sirven de yacente y otra caliza arcillosa que constituye su

pendiente; aquélla, metasomatizada totalmente en unas zonas, medianamente en otras, por mineral de hierro, constituye la roca matriz de los importantes criaderos ferríferos de la región Vasco-Santanderina, que han rendido ya más de 200 millones de toneladas y que, a nuestro juicio, les resta todavía un tonelaje muy superior (fig. 10).

Pues bien: según la antigua teoría hidrotermal, la génesis de estos importantes criaderos de mineral de hierro fué debida a manantiales termales mineralizadores, secuela obligada

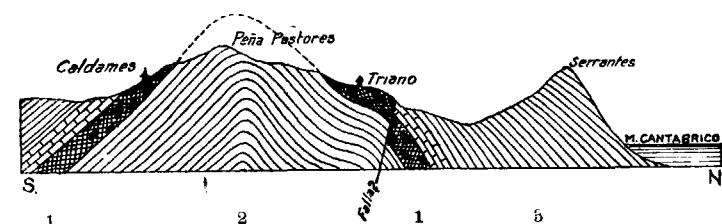


Fig. 10. — Corte geológico desde Galdames a Serrantes (Vizcaya). 1, Mineral de hierro, encima caliza compacta; 2, Psamitas; 3, Calizas arcillosas, muy pizarreñas a veces.

de toda irrupción de rocas eruptivas, muy cargados de bicarbonato de hierro en Vizcaya, quizás sulfurosos en Santander, los cuales, ascendiendo por las fallas y grietas del terreno ya plegado, se desparramaron por la caliza coralina del «aptense», dadas sus condiciones de fácil solubilidad, atacándola y metasomatizándola en una extensión realmente extraordinaria, engendrando así el enorme y más o menos interrumpido manto de siderosa que sustituye en gran parte a la caliza original.

Pero nosotros opinamos, conforme con la nueva teoría *termosifoniana*, que no hace falta la suposición gratuita de esa especie de manantiales geiserianos, sino simplemente, como ya hemos manifestado, una suave ondulación que interará en la fosa vasca el «aptense» vizcaíno, hundiendo el borde de mar adentro, elevando, en cambio, o dejando inmóvil el

extremo costero; y que a esta fosa marina acudieran con profundidad aportes de aguas continentales débilmente ferríferas, o que proporcionaran las sales ferrosas las fumarolas de las emisiones eruptivas, probablemente submarinas, de toda aquella región.

Pues concurriendo ambos fenómenos, forzosamente debieron establecerse corrientes *termosifonianas* ascendentes, precisamente por el manto de caliza coralina, metasomatizándola y transformándola en *siderosa*, por ser aquella roca la única porosa, cavernosa, filtrante y fácil de atacar de toda la formación «ápctica».

Engendrado así el grandioso criadero vizcaíno, submaremamente si se quiere, o, si el borde costero emergió fuera del agua, submarina y aéreamente, la transformación corriente de todo sinclinal en anticlinal cuando el empuje lateral continúa actuando, como tuvo que ocurrir allí para formarse el pliegue que elevó hasta las altas cumbres de Urquio a todo el infracretáceo, fué suficiente para que el potente criadero ferrífero que estudiamos, presente las dos ramas referidas unidas en un codo al aire posteriormente desmantelado.

Confirma este proceso genético, el que existan en Vizcaya muchos filones de siderosa que atraviesan la caliza, pero no las pizarras, y alguno curiosísimo hemos visto en la zona de Sopuerta, donde una grieta filoniana cortaba aquella roca, teniendo por afloramiento hematites parda, y, bajo el nivel hidrostático, «siderosa» mezclada con piritas de hierro algo cupreras.

No son, pues, las minas de Vizcaya masas aisladas, sino un inmenso criadero metasómico de a veces más de 40 metros de potencia, enriquecido principalmente en las zonas de falla por procesos de orden secundario.

Criaderos de Reocín (Santander)

También aquí, al igual que en Vizcaya, se ha metasomatizado la caliza del aptense, pues el criadero de Reocín-Mercadal arma en dicha caliza coralina muy dolomitizada y sustituída parcial y esporádicamente por calamina y blenda, apoyándose sobre otra caliza de *requienias* menos magnesiana y más compacta, que se apoya sobre otra caliza basta, cuajada de *orbitolinas*, cubriendo todo el conjunto la arenisca amarillenta del cenomanense (fig. 11).

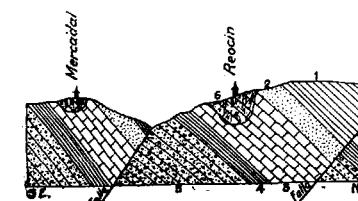


Fig. 11. — Corte geológico de los criaderos de cinc de Reocín y Mercadal (Santander).

Pues bien: a la génesis de estos criaderos se adapta perfectamente la teoría *termosifoniana*, bastando suponer que las aguas madres metalíferas del fondo oceánico a lo largo de la costa de Torrelavega tuvieron una composición un poco distinta a la de Bilbao, por ser distinto, o el aporte de aguas continentales, o los elementos mineralizadores de las fumarolas del volcanismo terciario de aquella región.

Criaderos de hierro de Sierra Alhamilla (Almería) y Murcia

Tanto en Almería como en Murcia, la caliza triásica ha hecho el mismo efecto que la caliza cretácea de Vizcaya, y siendo metasomatizada por disoluciones ferruginosas, ha ser-

vido de roca matriz a importantes criaderos, a los cuales puede aplicarse nuestra teoría *termosifoniana*, pues bastaría suponer que la caliza en que arman ha tenido una posición inclinada como el caso de Bilbao, con un extremo costero y el otro en los fondos marinos.

En efecto, recordando la historia geológica de la región sur-levantina, se notará que hay dos sierras paralelas al litoral, la de Filabres y la de Sierra Alhamilla (fig. 12), con la

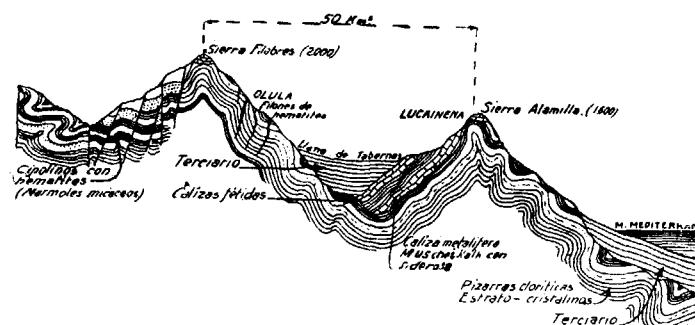


Fig. 12.—Corte geológico de la formación ferrífera de Almería.

particularidad de que los sedimentos terciarios, a partir del mioceno, fueron regresivos en Sierra Alhamilla y trasgresivos en Sierra Filabres, sea que aquélla se levantó en las postimerías del eoceno, iniciando la combadura anticinal triásica que inclinaba una rama hacia el Mediterráneo y la otra hacia el antiguo estrecho bético que se intercalaba, de Poniente a Levante, entre las dos sierras citadas.

Como en la segunda fase de aquellos movimientos, entre el mioceno y el plioceno, ocurrieron, con las rasgaduras de aquellos terrenos, las emisiones eruptivas de Cabo de Gata, Mazarrón y Cartagena, se explica no sólo la formación de las grietas que pusieron en contacto, si ya no lo estaban, la caliza matriz con las aguas submarinas débilmente metalíferas, sino también la mineralización de estas aguas por las fumarolas volcánicas.

Hoy mismo surge un manantial altamente termal de 57 grados de temperatura, con un caudal de 10 litros por segundo, de la caliza metalífera del muschelkalk, en los Baños de Sierra Alhamilla, y su posición a unos 400 metros de altitud en la costa levantina, su composición bicarbonatada-cálcica-litínica-ferruginosa, y el nacer precisamente de la parte metasomatizada en siderosa, hace sospechar que es el recuerdo de uno de los manantiales con que las corrientes *termosifonianas* contribuyeron al metasomatismo general de la región; manantial que seguramente tuvo en pasados tiempos mayor actividad, puesto que hoy se encuentran, por bajo de la salida del que citamos, gran cantidad de travertinos y de tobas.

Como por otra parte, al lado del criadero de hierro de la caliza «triásica» de Garrucha (Almería), está una mina que tiene un yacimiento similar de siderosa y arna en caliza coralina del «mioceno», esto confirma más y más la hipótesis de que aquellos criaderos son metasomáticos, y que las aguas metalíferas depositaron los minerales disueltos, donde había carbonato de cal accesible al ataque, fuera cualquiera la edad de la roca matriz.

Criaderos plomo-cincíferos de Cartagena (Murcia)

Es extraordinaria la complicación de criaderos que presenta este célebre distrito metálico, pues son: unos, como el *manto de los azules*, que con una composición del 45,15 por 100 de óxido ferroso y 43 por 100 de sílice, recuerda a la de la «chamosita», y está cuajado de cristalizaciones, costrificaciones, venillas, nodulillos y geodas de galena y blenda, con cuarzo y pirita; otros, típicamente metasomáticos, arman en caliza triásica, y otros, filonianos, atravesan pizarras arcaicas (figura 13). Pues bien, a casi todos ellos podría aplicarse la teoría *termosifoniana* recordando lo que hemos dicho para



los criaderos filonianos de Sierra Almagrera y para los metasomáticos de la zona de Bilbao.

Ella sola puede justificar la pródiga metalización de aquel distrito, tan intensa y tan varia, que puede decirse que dentro de la superficie referida no se perfora un pozo que tarde o temprano no de en mineral de hierro, de plomo o de cinc; sea que han sido tan importantísimas las venidas hidrotermales ter-

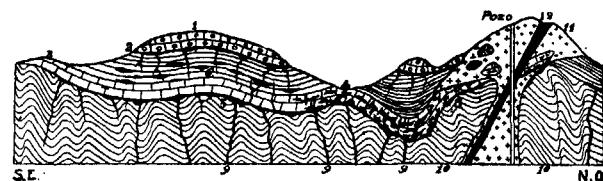


Fig. 13. — Corte esquemático de la Sierra de Cartagena.

- 1. Caliza metalífera chiscarrosa y fétida del suprakeuper.
- 2. Manto de los azules superior, pobre.
- 3. Calizas metalíferas del muschelkalk.
- 4 y 7. Idem con *gash veins*.
- 5 y 8. Manto verdadero de los azules.
- 6. Pizarras triásicas (keuper), con lentejones de blendita y galena.
- 9. Filones.
- 10. Pizarras y micacitas del «estrato cristalino».
- 11. Traquiandesita del Cabezo Rajado.
- 12. Filón del Cabezo Rajado.

mosifonianas y tal la multitud de resquebrajaduras, de grietas y de fallas que han encontrado, que en todas partes han dejado impregnaciones, costrificaciones y sustituciones metalíferas.

Además, la profusión de rocas ígneas ha impreso un marcado sello metamórfico a todos los estratos.

La presencia de la mica en las rocas triásicas, la de silicatos de hierro en los contactos de calizas y pizarras, la de la casiterita en algunas zonas, parece demostrar, a nuestro juicio, que la metalización, aunque su génesis sea medianamente profunda, ha sido producida a gran temperatura, pues de otro modo no se explicaría ni tales especies mineralógicas ni tal intensidad de mineralización.

La denudación postmiocena y la meteorización con los

consecuentes enriquecimientos y diferenciaciones secundarias, han sido causa de que los afloramientos sean tan distintos: alumbres en un lado; carbonatos de plomo y calaminas, hematites y cuarzo ferruginoso, en otros.

En definitiva, a dos distintos tipos, «filionario» y «metasomático», dependientes del mismo proceso genético, con las variantes de la influencia de la roca lateral, pueden referirse los criaderos cartageneros, sin que pueda haber, salvo en los casos extremos, un deslinde exacto, pues por trámites insensibles se pasa de unos a otros.

Volviendo al «manto de los azules», debemos decir que, para nuestro ilustre antecesor el Sr. Adán de Yarza, este manto es producto de una concentración secundaria, por transformación del sulfato de plomo formado por las aguas meteóricas en sulfato ferroso y ácido sulfuroso, por la reacción de aquél con la pirita de hierro que regeneró la galena.

Nosotros nos permitimos opinar que el «manto de los azules», es consecuencia de un proceso primario, pues evidentemente las corrientes «termosifonianas» han llevado en disolución sales de plomo, cinc y hierro, con preferencia las de este último metal; y si estos manantiales, al ascender por los múltiples filones que atraviesan el estrato cristalino, se extendieron por la filtrante arenisca porosa, base de la formación triásica, discurrieron fácilmente por ella a fuerte temperatura, formándose esa curiosa roca cuyo aspecto indica un «metasomatismo» algo metamórfico, muy de acuerdo con la posibilidad de esta génesis, y con la proximidad a las irrupciones andesíticas.

Parecido origen, aunque con menos metalización, puesto que los manantiales llegados ya habían dejado debajo muchos de sus compuestos metálicos, debió haber tenido el «manto de los azules» superior, pobre, que se halla en el contacto de la caliza fétida con las pizarras irisadas del keuper propiamente dicho.

Criaderos de azogue de Almadén

Por último, para no citar más ejemplos, también a esta célebre mina (fig. 14) (verdadera joya del Estado español, com-

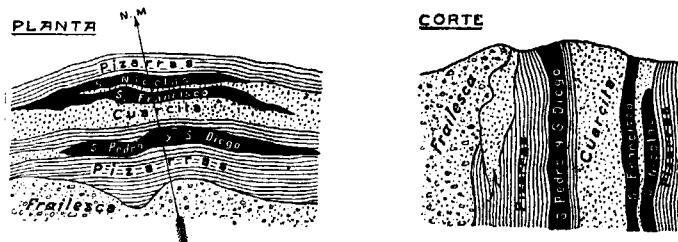


Fig. 14.—Corte y planta del criadero de azogue de Almadén. Negró, zonas de cuarcita impregnadas de un 5 por 100 de azogue

parable por su riqueza a las mayores del mundo, pues produjo desde 1564 a 1924 más de mil doscientos cincuenta millones de pesetas oro), puede aplicársele con grandes visos de verosimilitud nuestra *teoría termosifoniana*, pues el mineral de cianabrio se encuentra no sólo tapizando las zonas de contacto entre los granillos del cuarzo de la roca matriz, sino también en el interior de éstos, metasomatizándolos, según Prado y Beck; según nosotros, dada su sutilidad, introduciéndose en los poros y vacuolas que tiene todo cuarzo; sea que consideramos los criaderos de Almadén como formados por *impregnación*.

Su génesis puede explicarse, repetimos, por la teoría *termosifoniana*, suponiendo que las capas de cuarcita, al iniciarse su plegamiento, abocaron en un mar profundo con una de sus ramas, y tuvieron la otra en la costa. Bastaría entonces que el agua submarina estuviera débilmente metalizada de azogue,

para que la consiguiente corriente termosifoniana *impregnara* las filtrantes capas cuarcitosas (1).

CONCLUSIÓN

Y no extendemos a más ejemplos nuestra teoría *termosifónica*, pues con los anteriores creemos haber demostrado que puede tener una aplicación tan general como la *hidrotermal per ascensum*, sustituyéndola con mucha ventaja.

(1) Para más detalles de los criaderos españoles, nos remitimos a nuestro libro *Criaderos minerales*, 1926.

**NOTA SOBRE LA ESTRATIGRAFÍA
Y LOS
MAMIFEROS MIOCENOS
DE
NOMBREVILLA (ZARAGOZA)
POR**

FRANCISCO HERNÁNDEZ-PACHECO

Auxiliar de Geología de la Universidad Central.

NOTA SOBRE LA ESTRATIGRAFÍA

Y LOS

MAMÍFEROS MIOCENOS

DE

NOMBREVILLA (ZARAGOZA)

El territorio cercano a Daroca, cabeza de partido del término en el que se halla enclavado el pueblo de Nombrevilla, está recorrido de Sureste a Noroeste por el río Jiloca, el cual va encajado en un estrecho y frondoso valle en parte excavado en terrenos paleozoicos (cámbrico y silúrico) o terciarios (mioceno continental), terrenos que aparecen en bandas casi paralelas a la dirección del río, a excepción de alguno que otro pequeño manchón triásico que se destaca del conjunto por su intenso color rojizo.

Los terrenos paleozoicos, por el Suroeste, limitan a escasa distancia el valle, dando origen a una alineación montañosa de no gran altitud constituida por cerros quebrados que forman las prolongaciones hacia el Noroeste y Sureste del pico de Santa Cruz, de 1.421 metros, alineación que origina la divisoria entre el Jiloca y la depresión ocupada por la amplia y honda laguna de Gallocanta (1).

(1) HERNÁNDEZ-PACHECO (F.) y ARANEGUI (P.): «La laguna de Gallocanta y la geología de sus alrededores». *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. Tomo XXVI, págs. 419 a 429. Madrid 1926.

Hacia el Noreste, el silúrico da lugar igualmente a territorios elevados, si bien éstos no forman la divisoria entre el Jiloca y el pequeño río Perejil, que paralelamente corre, pues entre ambos son lomas amplias del mioceno las que establecen y limitan sus cuencas; por tanto, los terrenos silúricos quedan más alejados y dan lugar a dos alineaciones paralelas: la primera forma la Sierra de Vicor, que separa al río Perejil del río Grío; la segunda origina la Sierra de Alairen, que separa a este último del río Erasno, que recorre el amplio Campo de Cariñena y que, como los anteriores, vierte sus aguas en el Jalón.

El silúrico que forma la banda del Noreste y que da origen a las sierras antes mencionadas, está constituido por pizarras sumamente plegadas y de extraordinaria potencia, las cuales, en conjunto, forman un amplio sinclinal en la Sierra de Vicor, con buzamientos hacia el Noreste en la vertiente de esta orientación y hacia el Suroeste en la contraria. Dicho macizo se atraviesa viniendo de Zaragoza por el Puerto de Cariñena, de 880 metros de altitud, y en el cual pueden observarse que alternando con las pizarras se intercalan algunos delgados lechos de cuarcitas. Los plegamientos se acentúan mucho al descender hacia Daroca, pudiendo verse a la salida del pueblo de Mainar un acentuado pliegue, el cual ha hecho que las cuarcitas queden verticales y que por erosión formen una aguda crestería, a la cual corta la carretera.

Hacia el Suroeste del Jiloca, los terrenos paleozoicos aparecen muy próximos, limitando al valle, y siguiendo la carretera de Daroca a Santed se observa que el cámbrico, difícil de distinguir por sus rocas de salúrico, algo más alejado, aparece inclinado de 25 a 55 grados, bien hacia el Noreste o bien hacia el Suroeste, dando lugar a sinclinales y anticlinales sumamente repetidas y frecuentemente rotas por fallas de no gran importancia.

El salúrico a veces ha sido atravesado por erupciones porfídicas, tales como la de Codos en la Sierra de Vicor.

La divisoria hacia el Este de Daroca entre el Jiloca y el río Huerva la forma una amplia llanura, el Campo Romano, ocupada por el mioceno, la cual aparece ligeramente inclinada hacia el Este. El río Huerva es ya afluente directo del Ebro, desembocando en él precisamente en Zaragoza.

Estando las divisorias de aguas del río Jiloca en esta zona tan próximas, se comprende que los afluentes que en él vierten sean de muy corto recorrido y de gran pendiente; por otra parte, el clima se caracteriza por lluvias escasas y de carácter tormentoso, sobre todo en verano, que, aunque seco, a veces en pocos minutos pueden ocurrir precipitaciones superiores a las del resto del año.

Por lo dicho se comprende el carácter de ramblas que ofrecen todos los pequeños afluentes, los cuales permanecen siempre secos, salvo los escasos días lluviosos del invierno o tormentosos de verano.

Como ejemplo puede citarse el caso de Daroca, ciudad antigüamente atravesada por una de estas ramblas, que a pocos kilómetros se forma en los escarpes, cuestas y barrancadas del mioceno, rambla que en diversas ocasiones ha originado repentinias inundaciones, algunas con carácter de catástrofe. Para evitar dicho mal fué necesario oradar el cerro cámbrico del castillo mediante un túnel de unos 200 metros, que desviando las aguas evita que pasen por el pueblo, vertiéndolas directamente al río Jiloca, aguas arriba de Daroca.

El mioceno, en el territorio cercano a Nombrevilla, se presenta típico, y, como siempre, predominando colores rojizos-amarillentos en las zonas inferiores arcillosas, grisáceos en las zonas medias margoso-arcillosas y coronando el conjunto bancos blancuzcos de caliza, de potencia variable.

Ocupan grandes extensiones dichas formaciones a uno y

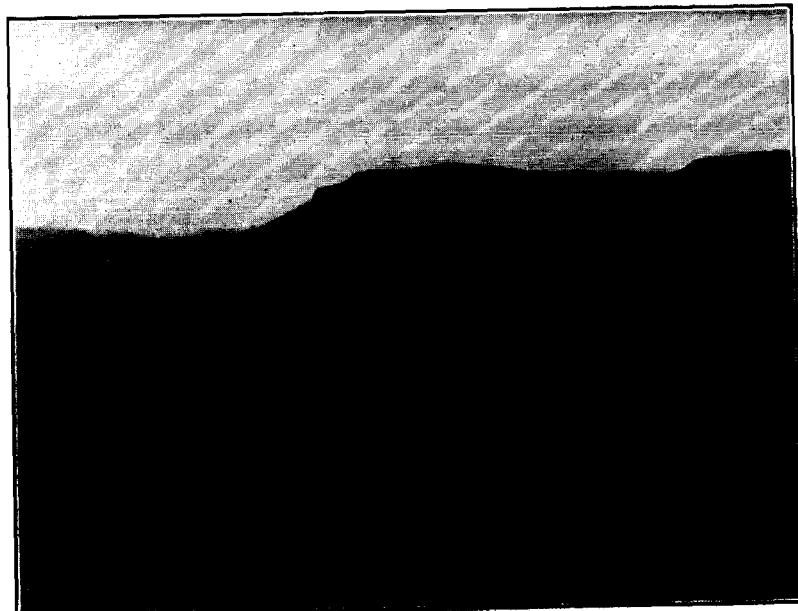
otro lado de las sierras de Algairen y Vicor. Por el Noreste da origen al dilatado llano del Campo de Cariñena, y al descender hacia Daroca se presenta la formación miocena, como la zona anterior, constituida por estratos horizontales, formando una gran llanura de unos 12 kilómetros de anchura y con 800 metros de elevación, que no es sino el Campo Romano anteriormente nombrado. La llanura termina bruscamente en Nombrevilla y Daroca, mediante una línea quebrada de cuestas que rodean y limitan por el Norte, Este y Sur a la depresión que ocupan dichos pueblos.

La estrecha banda de terrenos miocenos que ocupa la mayor parte del territorio en las cercanías de Nombrevilla está constituida estratigráficamente por tres niveles distintos. En la zona inferior, como ya se ha indicado, los materiales son principalmente arcillas con guijos, entre las que se intercalan bancos de potencia variable de areniscas y conglomerados, conjunto de intenso color rojizo, y cuya composición indica un origen fluvial, con corrientes de relativa intensidad.

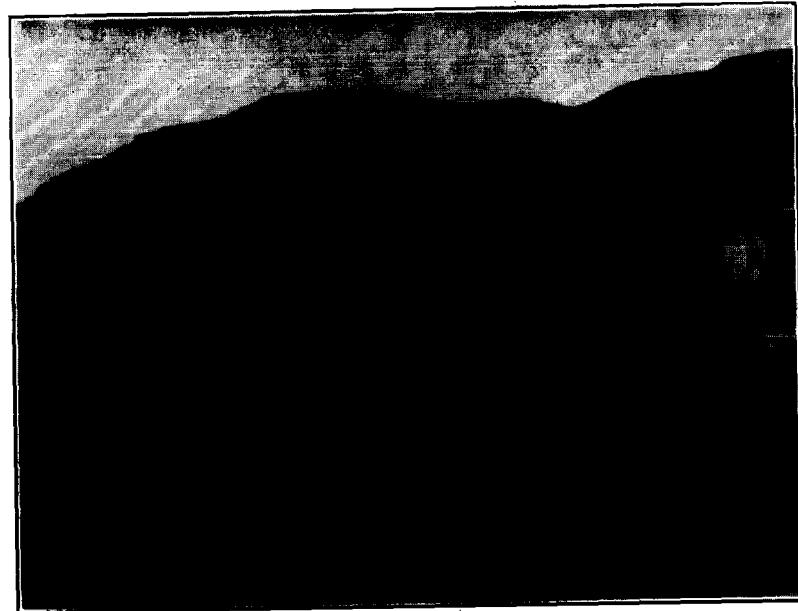
Sobre los materiales descritos descansa una potente formación arcilloso-margosa, con intercalaciones de bancos calizos de muy variada potencia, y coronando el conjunto viene un espesor variable de arcillas y calizas, que a veces llegan a formar estas últimas rocas bancos de hasta 8, 10 y 12 metros de potencia.

El espesor de los tres pisos anteriormente nombrado, es variable de unas regiones a otras dentro del territorio estudiado. En las inmediaciones de Nombrevilla, el piso inferior (que por comparación con el de otras regiones pudiera representar al tortoniense) es de unos 20 a 25 metros, juzgando por lo que la erosión ha puesto al descubierto; pero su potencia en las regiones de Suroeste, en el límite de Zaragoza con Teruel, es mayor, llegando a veces a pasar de los 50 metros.

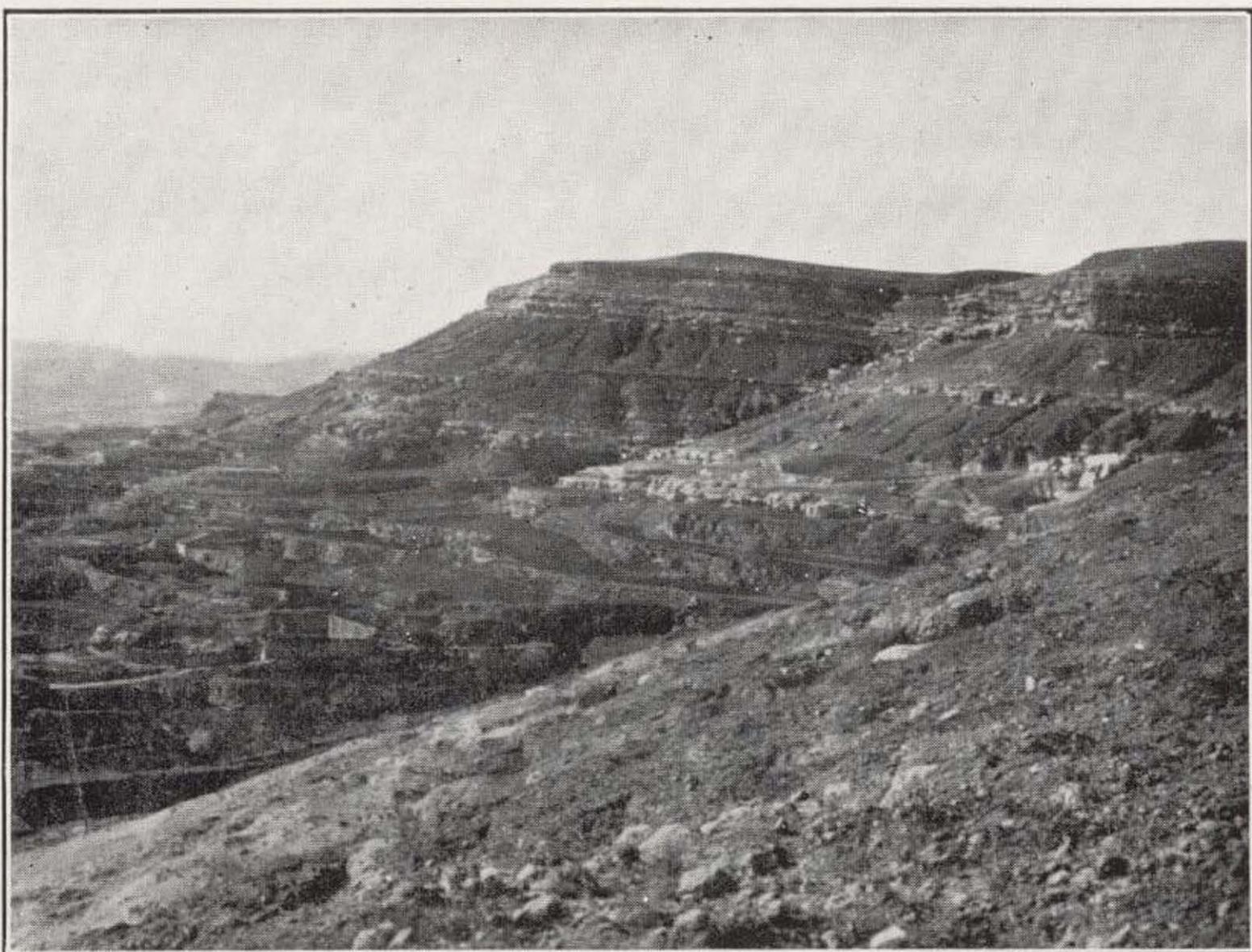
El piso margoso-arcilloso o medio, por su semejanza litoló-



Fot. 1.^a — Cuestas miocenas de Nombrevilla y páramo de Campo Romano (Zaragoza).



Fot. 2.^a — Aspecto del mioceno en Nombrevilla (Zaragoza).



Fot. 1.^a — Cuestas miocenas de Nombrevilla y páramo de Campo Romano (Zaragoza).

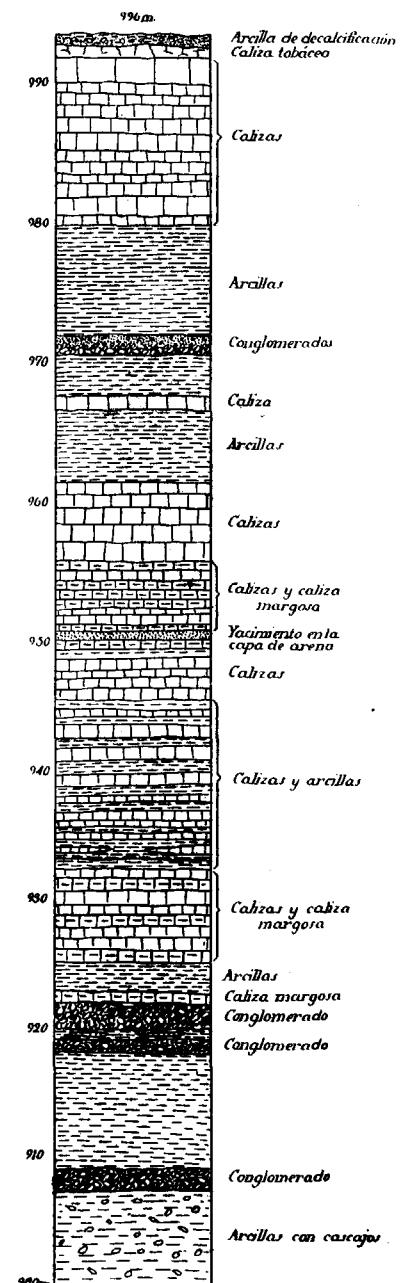


Fot. 2.^a — Aspecto del mioceno en Nombrevilla (Zaragoza).

gica con el de otras regiones, pudiera representar al sarmatiense; mide por término medio unos 40 metros, se presenta siempre en capas perfectamente horizontales, cuya potencia, constitución y coloración son muy diversas, formando los bancos de caliza, que se intercalan en capas de 0,50, 1 y 2 metros. El tramo superior, principalmente calizo y arcilloso, y que por los fósiles que encierra, y de los cuales trato más adelante, representa al pontiense y mide por término medio otros 40 metros de potencia.

Estudiado el mioceno en detalle en las inmediaciones de Nombrevilla, merced a las altas cuestas que la erosión aquí ha formado (fotografías 1.^a y 2.^a), pudo trazarse el corte siguiente (fig. 1.^a).

El mioceno en las zonas de contacto con los terrenos paleozoicos se presenta en capas inclinadas a veces de 30° a 35°, inclinación que no es debida a movimientos orogénicos, sino a la dispo-

Fig. 1.^a

sición natural que tomaron los materiales al ir rellenando las depresiones, formándose en sus bordes una extensa zona de acarreos torrenciales y de ramblas, materiales que, transportados por las corrientes que se formaban en las alineaciones montañosas próximas, poco a poco fueron colmando las zonas bajas entre éstas comprendidas.

Se presentan claramente los materiales así dispuestos en las afueras de Daroca y bajo el cerro del Castillo, el cual constituye un pequeño manchón cámbrico sobre el que descansan los materiales miocenos en la disposición anteriormente indicada.

La inclinación de los depósitos torrenciales miocenos conforme se penetra en las zonas centrales va disminuyendo hasta quedar sensiblemente horizontales.

En el mapa del Instituto Geológico de España figura entre el cámblico, que ocupa en parte el valle del río Jiloca y la banda miocena del Noreste una faja de terrenos cuaternarios que representa a la formación anteriormente descrita, materiales que al quedar en las cercanías de Nombrevilla claramente recubiertos por las formaciones miocenas, no pueden pertenecer al cuaternario, pues dichos materiales sólo ocupan pequeñas fajas sumamente estrechas a lo largo del río Jiloca, y sobre las cuales se asienta la frondosa huerta que aparece a lo largo del estrecho valle (fot. 3.º).

A unos dos tercios aproximadamente de la ladera de la cuesta y a unos 200 metros del pueblo de Nombrevilla y en pleno horizonte calizo arcilloso del pontiense, se descubrió en la primavera de 1925 un yacimiento de mamíferos.

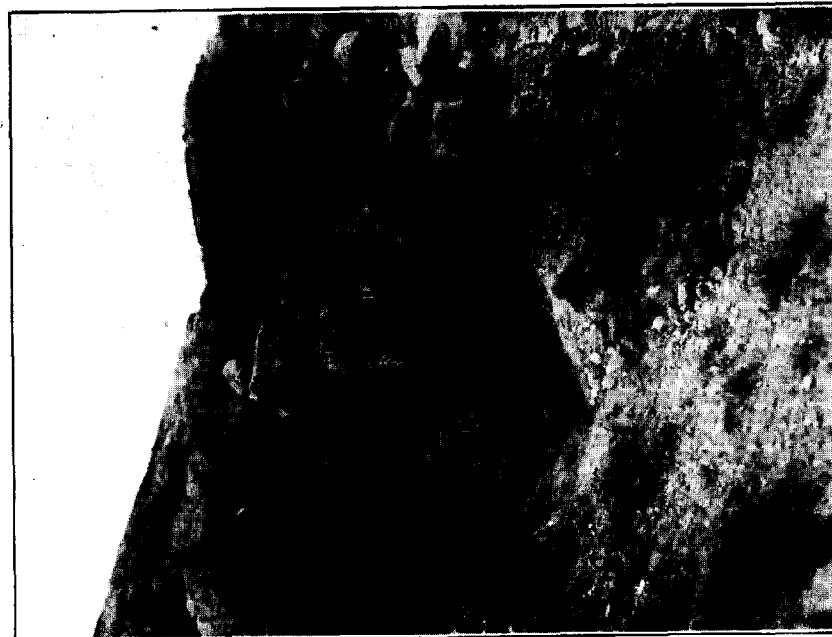
La presencia de restos óseos en las cercanías de dicho sitio se había notado ya desde hacía mucho tiempo, pues la acción erosiva de las aguas de lluvia había puesto al descubierto en distintas ocasiones capas fosilíferas, si bien poco importantes.

Ultimamente, habiendo aparecido una de más importancia,



Fot. 4.a

Brecha osifera del mioceno de Nombrevilla (Zaragoza).



Fot. 3.a

Yacimiento paleontológico de Nombrevilla (Zaragoza).



Fot. 3.^a

Yacimiento paleontológico de Nombrevilla (Zaragoza).



Fot. 4.^a

Brecha osífera del mioceno de Nombrevilla (Zaragoza).



pues los restos óseos eran abundantes, y sobre todo por la presencia de grandes molares pertenecientes a la especie *Mastodon*, llamó más la atención, y teniendo conocimiento de ello los Catedráticos de la Facultad de Ciencias de Zaragoza Sres. Zuazo y Ferrando, lo notificaron al Museo de Ciencias Naturales de Madrid. La Sección de Geología de dicho Museo me encomendó que hiciera el estudio del yacimiento, para lo cual me trasladé a dicha localidad en unión del Sr. Aranegui, Becario agregado al Laboratorio de Geología.

El yacimiento es del tipo de los que pudiera denominarse de acarreo, puesto que los restos fósiles forman una brecha algo margosa de gran consistencia (fots. 3.^a y 4.^a); sobre todo en la parte inferior de la capa osífera, y tan sólo en la zona superior algo arenosa, aparecen los huesos sueltos, pero siempre fragmentados, juntamente con gran cantidad de molares sueltos.

En el yacimiento, los restos más abundantes son los de *Hippurion gracile*, Kaup, sobre todo por sus molares, que aparecen en cantidad extraordinaria, en buen estado de conservación, pero rara vez unidos a la mandíbula; juntamente con ellos se encontraron algunos restos de huesos de las extremidades sumamente fragmentados. Nosotros pudimos recoger una extremidad proximal de un radio izquierdo y la distal de uno derecho, así como un metatarsiano y una falange mediana.

Aparecieron igualmente molares de *Mastodon longirostris*, Kaup, en buen estado de conservación; uno fué descubierto en nuestra presencia, completo, a excepción de la raíz, y perteneciente a la mandíbula inferior, siendo el penúltimo izquierdo; encontráronse además algunos restos de las extremidades sumamente fragmentados y un trozo de defensa unido íntimamente a la arcilla margosa.

Otros molares del mismo yacimiento posee la Facultad de Ciencias de Zaragoza, y uno incompleto el Colegio de PP. Es-

colapios de Daroca, juntamente con restos muy deteriorados de huesos de las extremidades.

Aparecieron igualmente molares de un *Rhinoceros, sp.*, tanto superiores como inferiores, unos con sus coronas perfectamente conservadas, y otros sólo representados por fragmentos.

Los molares completos son los siguientes:

Dos M^3 superiores derechos y un M^3 superior izquierdo.

Un M^2 superior izquierdo.

Un M y un P superiores y de un mismo individuo, izquierdos.

Tres M inferiores, dos izquierdos y uno derecho.

Caninos se encontraron varios, siendo el más completo uno del lado derecho.

El *Rhinoceros* que aparece en este yacimiento es una especie de talla media, teniendo afinidades con las especies *Rh. simorrensis*, Lartet, y *Rh. sansaniensis*, Filhol, y más con esta última, diferenciándose, por otra parte, mucho del *Rhinoceros Schleiermacheri*, Kaup, propio del pontiense.

Pudiera interpretarse esta semejanza con las especies anteriormente nombradas, como si se tratase de un tipo evolutivo de ellas que por tránsitos llegase a las especies propias del nivel superior del mioceno.

Por lo expuesto se ve que éste es un yacimiento semejante al de Concud, en la provincia de Teruel; pero es extraño en él la presencia del *Rhinoceros* descrito, pues las especies a que más se asemeja son características del sarmatiense y nunca se han citado juntamente con el *Hipparium gracile*, Kaup, que caracteriza al pontiense.

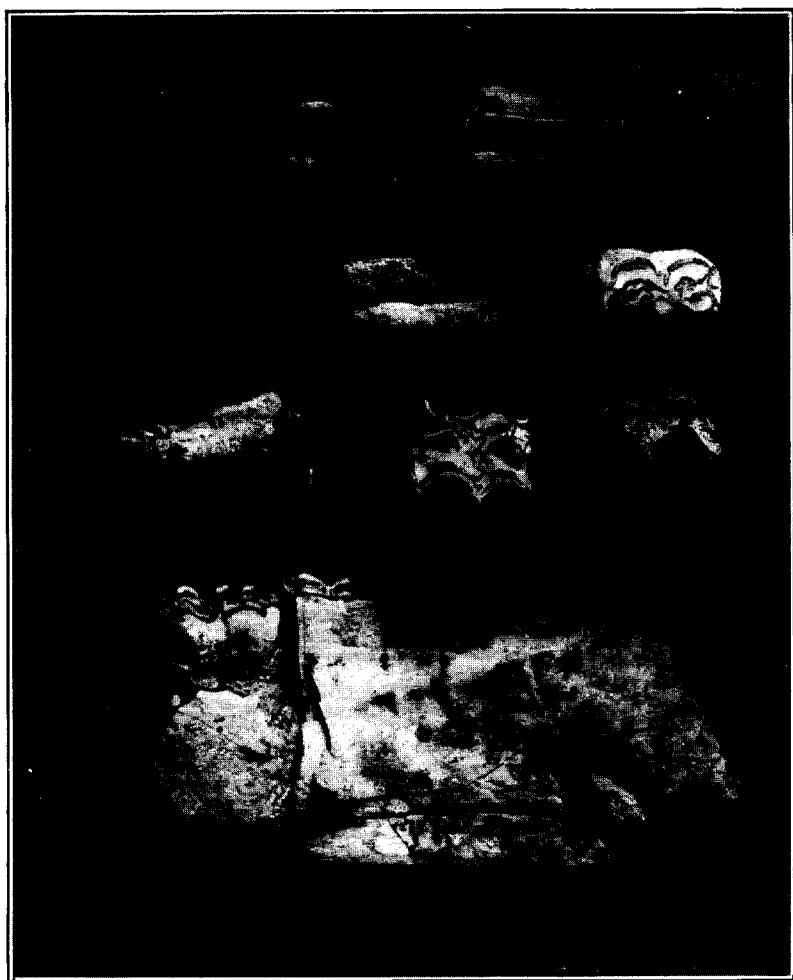


Lámina I.

Molares superiores e inferiores y fragmento de maxilar inferior de *Hipparium gracile*, Kaup.



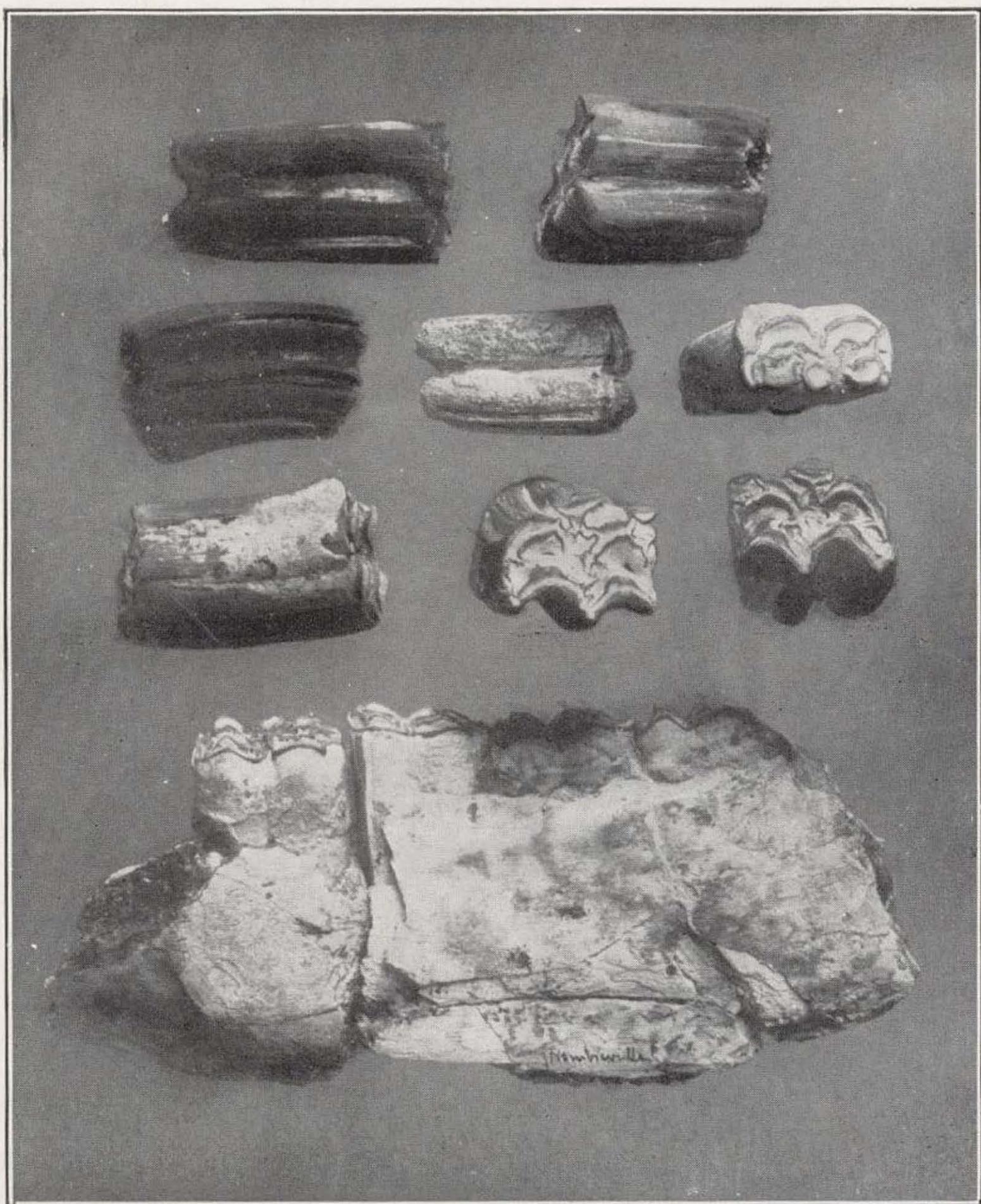


Lámina I.

Molares superiores e inferiores y fragmento de maxilar inferior de
Hippocion gracile, Kaup.





Lámina II.

Restos óseos de las extremidades y molar de *Mastodon longirostris*, Kaup.



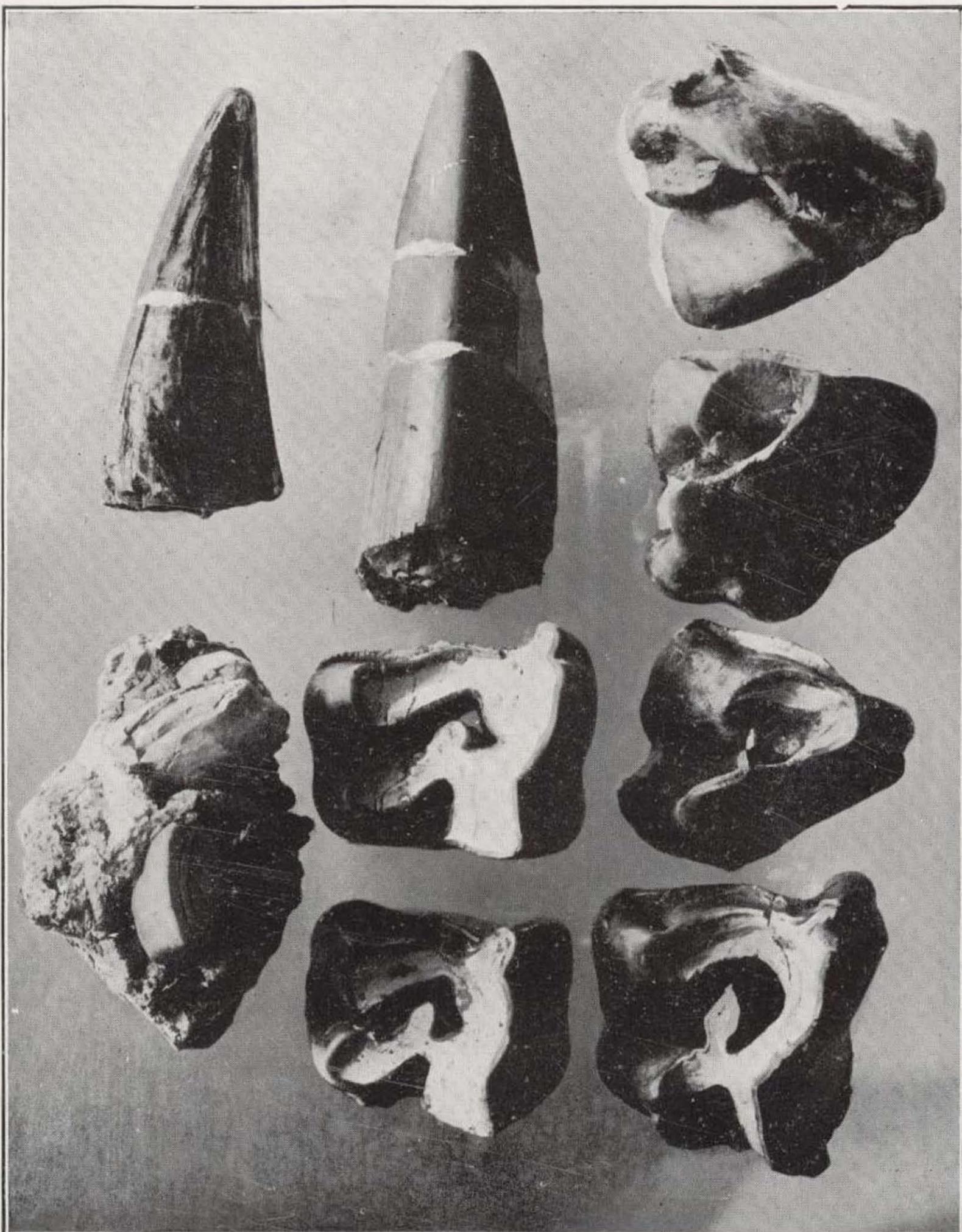


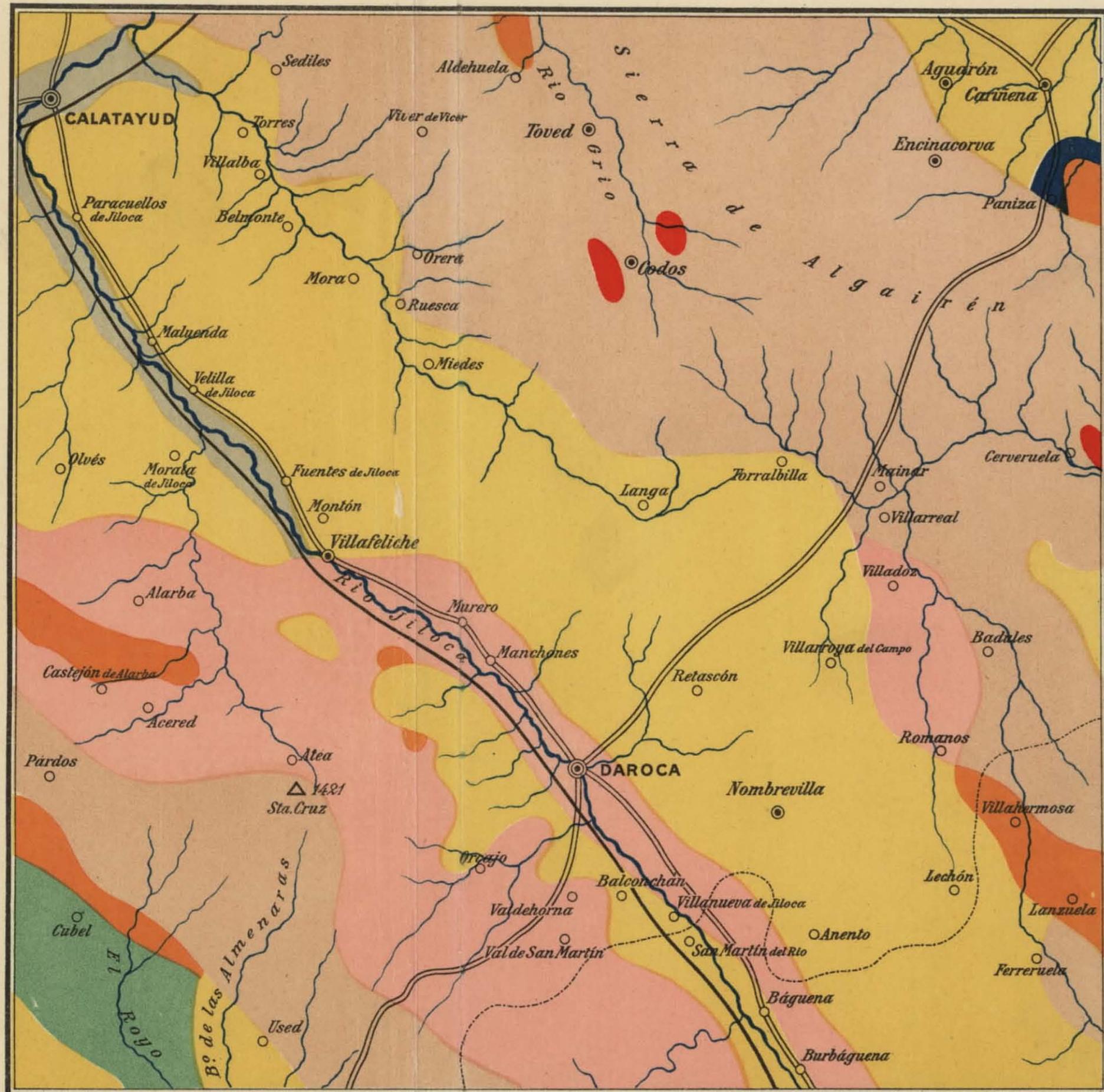
Lámina III.

Molares, premolares y caninos de *Rhinoceros, sp.*





MAPA GEOLÓGICO DE LOS ALREDEDORES DE NOMBREVILLA



Cuaternario

Mioceno

Triásico

Jurásico

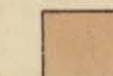
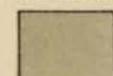
Cretácico

Silúrico

Cámbrico

Pórfidos

Gráficas Brundis S.A. Madrid.

ESCALA
1:200000

ÍNDICE DE LA SEGUNDA PARTE

	<u>Páginas</u>
CAPÍTULO V.— Orogafía y Geología tectónica del país cántabro-astúrico.....	7
Algunas notas estratigráficas sobre la cuenca terciaria del Ebro.....	111
Tectónica del terciario continental Ibérico	129
Los vertebrados del cretácico español de facies wealdica	169
Es de gran interés y sería útil la investigación por procedimientos geofísicos de los terrenos miocenos y azufreros del Sureste de España, por si en ellos existen depósitos de hidrocarburos susceptibles de aprovechamiento industrial.....	177
Nota sobre la determinación del foco del megasismo japonés de 1 de septiembre de 1923.....	215
El sismo del bajo Segura de 10 de septiembre de 1919. Cálculo de las coordenadas del foco basado en la hora inicial de los sismogramas registrados en varias estaciones próximas	247
Fracturas metalizadas en término de Andújar.....	265
Nota sobre los depósitos de foraminíferos terciarios de Córdoba.....	281
Aplicación del estudio petrográfico de algunos materiales de la provincia de Córdoba a la interpretación de la línea tectónica del Guadalquivir....	289
Nota sobre los vertebrados terciarios hallados en Córdoba	299

	Páginas
Nota sobre los yacimientos de <i>archeocyathidos</i> de la sierra de Córdoba y deducción para el análisis tectónico	309
Nota sobre un yacimiento de fósiles vertebrados en el plioceno de la provincia de Logroño.....	317
Las anomalías de la gravedad en España y la profundidad de compensación isostática más probable.....	335
Investigaciones geofísicas en la cuenca potásica de Cataluña.....	349
Relación entre las anomalías de la gravedad y la constitución geológica de España.	381
Génesis de los criaderos metalíferos. Teoría termosifoniana....	405
Nota sobre la estratigrafía y los mamíferos miocenos de Nombrevilla (Zaragoza).....	439
ÍNDICE.....	449

