

BOLETÍN  
DEL  
INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

II / 2 - 2 - 1

BOLETÍN  
DEL  
INSTITUTO GEOLÓGICO  
DE  
ESPAÑA



TOMO XLVI  
—  
TOMO VI  
TERCERA SERIE  
(1926)

MADRID  
TIP. Y LIT. L. COULLAUT  
MARÍA DE MOLINA, 106  
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 Hacienda, a las Academias de Ciencias y a los Centros oficiales del Cuerpo de Minas.

(Decreto de 28 de Junio de 1910)



EXCMO. SR. D. DOMINGO DE ORUETA.

## NECROLOGÍA

### ORUETA

Oscura enfermedad que tuvo rápido desenlace en la madrugada del 15 de Enero del corriente año 1926, acabó con la robusta naturaleza del sabio Ingeniero del Cuerpo de Minas, Ilmo. Sr. D. Domingo de Orueta y Duarte, Inspector general y Director del Instituto Geológico.

Perdió España en ese día a uno de sus hijos más esclarecidos, la Ciencia a un apasionado y entusiasta propagandista, y para el Cuerpo de Ingenieros de Minas, en particular para el Instituto Geológico, su muerte ha sido una pérdida irreparable por su alta talla científica y méritos excepcionales, debidos a su brillante inteligencia y amor al estudio que le valieron justísimo renombre y merecida celebridad en los centros donde se ocupan de microscopía y sus aplicaciones, y es más de lamentar esa pérdida por cuanto que ocurrió pocos meses antes de celebrarse en Madrid el Congreso Geológico Internacional donde hubiera destacado su personalidad de modo extraordinario.

El Instituto Geológico ha procurado honrar su memoria, mostrando a los congresistas lo más notable del Laboratorio de microscopía que él fundó, y tuvo el honor de indicarlo así a S. M. el Rey cuando el día de la inaugura-

## PERSONAL

DE LA

### COMISIÓN PERMANENTE DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE ESPAÑA

---

<i>Director interino</i> .....	Sr. D. Vicente Kindelan.
<i>Secretario</i> .....	Sr. D. Guillermo O'Shea.
<i>Vocales</i> .....	Sr. D. Vicente Kindelan.
—	Sr. D. Alfonso Fernández y M. Valdés.
—	Sr. D. Manuel Sancho Gala.
—	Sr. D. Manuel Ruiz Falcó.
—	Sr. D. Agustín Marín.
—	Sr. D. Augusto de Gálvez-Cañero.
—	Sr. D. Alfonso del Valle.
—	Sr. D. Primitivo Hernández Sampelayo.
—	Sr. D. José Gorostíza.
—	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>de Paleontología</i> .....	Sr. D. Luis Jordana.
— <i>de Mineralogía</i> .....	Sr. D. Enrique de Pineda.
— <i>de Química analítica</i> .....	Sr. D. Enrique Bayo.



EXCMO. SR. D. DOMINGO DE ORUETA.

Foto. Kaulak.  
Fototipia de Hauser  
y Menet, Madrid.



ción del Congreso visitó la modesta exposición que allí se preparó.

Es costumbre en el Instituto Geológico de España que al dejar este mundo quien en vida fué su Director o quien por su brillante colaboración lo hubiera merecido, aparezca en sus BOLETINES una crónica en la que se recuerde lo que fué el finado y sus méritos, como acto de justicia para enaltecer su figura y como muestra de gratitud por nuestra parte.

Esa misión la cumplieron los directores del Instituto unas veces, y otras delegaron en algún íntimo amigo del biografiado que era a su vez brillante escritor.

En el caso actual no puedo ni debo excusarme de hacer esa crónica porque al dar a la imprenta los originales que han de formar este tomo del BOLETÍN, soy Director interino del Instituto Geológico, y por otra parte, Orueta fué mi Jefe respetado y querido, mi íntimo amigo desde nuestra juventud. Cualquiera otro lo haría mucho mejor que yo he de hacerlo, pero lo que sí puedo asegurar es, que si la pluma escribiera lo que mi corazón le dice, no aparecería necrología más sentida, sincera, ni más llena de admiración.

Nació Domingo de Orueta y Duarte, en Málaga el 24 de Enero de 1862. Su padre D. Domingo de Orueta y Aguirre fué grandemente aficionado a la Paleontología y a la Geología, y figuró entre los más competentes de su tiempo en el manejo del microscopio aplicado al estudio de las rocas. Entre los trabajos que este señor dejó escritos, figura uno que lleva por título *Estudios petrográficos de la Serranía de Ronda*. En los trabajos de campo que hizo el padre tomó parte el hijo y en ellos empezó a formarse el que pasados los años llegó a ser famoso micrógrafo, petrógrafo y geólogo y que también escribió otro libro so-

bre la Serranía de Ronda catalogado como una de sus obras maestras.

Muy joven cursó la carrera de perito químico y enseguida empezó los estudios para la de ingeniero de minas. Ingresó en la Escuela de Madrid el año 1880 y terminó la carrera en 1885 con calificación de *Sobresaliente* que había logrado durante cinco años. Fué número uno de una promoción numerosa y brillante a la que pertenecían, entre otros, Juanito Aubarede, cerebro privilegiado para las ciencias exactas, Luis Villate y Manolo Cortés, ilustres ingenieros de minas que honraron la Escuela de donde procedían.

Los primeros pasos de Orueta en la Ingeniería los dió en las ferrerías de Heredia, de Málaga, y en las minas de carbón de Orbó y de Matallana. Con su gracejo habitual me recordaba poco tiempo antes de morir, las 4.000 pesetas que le asignaran como sueldo anual, dando con ello origen al asombro y envidia, decía él, de sus compañeros en expectación de colocación.

Bien pronto cambió de rumbo, porque conociéndose muy bien (fué una de sus características) y consciente de lo que en su interior llevaba, esto es, talento, voluntad y ambición para conquistar nombre en la ciencia y dinero en los negocios, se lanzó a éstos, donde en poco tiempo vió realizadas sus aspiraciones.

Elegió como residencia Gijón y su casa fué visitada por cuantas personas de algún relieve social pasaron por Asturias. En ella fundó su laboratorio de microscopía de donde salieron la mayor parte de los inventos, informes y libros que le dieron celebridad. Allí acudieron en consulta los técnicos de las más acreditadas casas constructoras de óptica microscópica y fueron a estudiar con Orueta los célebres profesores de Jena, Lenk, Herkco-

wich, de Petrografía y Gottloblink, de Química óptica.

La fábrica del Llano tuvo un principio muy modesto y fué ampliándose rápidamente hasta llegar a fabricar piezas de acero forjado de todas clases, construir vagones de ferrocarril y coches para tranvías, dando ocupación diaria a más de 200 personas. Allí se fabricaron durante más de 25 años, sin competencia, los envases metálicos llamados "frascos" que sirven para el transporte del azogue que producen las minas de Almadén, que requieren condiciones especialísimas que él logró reunir con un sistema de fabricación del que obtuvo el correspondiente privilegio de invención.

Al poco tiempo de establecerse en Gijón fué destinado a la Escuela de Capataces de Mieres donde al crearse la cátedra de Electrotecnia le fué encomendada, sirviéndole de texto su *Curso de Electrotecnia* con arreglo al programa que publicó en 1892.

En los últimos años de residencia en Mieres, hacia el 1913, decidió hacer el estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda con el fin principal de completar los trabajos que hicieron su padre y Mac-Pherson. Para ello tuvo que solicitar del Ministerio de Fomento licencia para ausentarse de su residencia oficial durante algunos meses de cada año que empleaba en sus excursiones.

Por esos estudios Orueta no reclamó remuneración personal pero tuvo la ayuda del Instituto Geológico, por lo tanto la del Estado, que sufragó los gastos de traslación del personal técnico, los de jornales, caballerías, etc., en una palabra, los gastos materiales de todas clases, acompañándole en sus excursiones el ingeniero agregado Pablo Fernández Iruegas.

Después de un examen detenido de más de 500 preparaciones microscópicas de rocas de la Serranía pudo

clasificarlas debidamente y rectificar la interpretación un tanto errónea que sobre ellas habían emitido sus antecesores. Quedó demostrado hasta la evidencia, dice Orueta, que la enorme masa hipogénica de la Serranía de Ronda pertenece al grupo de rocas llamadas peridotitas básicas, cuya clasificación llevaba aparejada consigo la inevitable conclusión: «Siendo las peridotitas básicas las rocas matrices de todos los yacimientos de platino hoy conocidos, cabe en lo posible que en la Serranía de Ronda, mejor dicho, en los aluviones de sus ríos, exista el metal platino».

«Procedía, pues, hacer una investigación en ese sentido, el de buscar dicho metal, cerciorándose de su presencia o de su ausencia. Así se hizo».

Tomó muestras de los ríos que se sospechaba fueran platiníferos, así como muestras de las terrazas de aluvión cortadas y puestas al descubierto por las denudaciones naturales, que debidamente concentradas por procedimientos de lavado mecánico fueron sometidas a un análisis que hizo el profesor especialista D. Santiago Piña de Rubies en el Laboratorio para investigaciones físicas que dirige D. Blas Cabrera.

«Después de repetidas pruebas y comparaciones sistemáticas con espectros tipos, quedó de manifiesto la existencia del platino en los referidos depósitos, apareciendo las rayas que caracterizan este metal en las fotografías que se obtuvieron del espectro que daban dichos depósitos. Quedó, pues, demostrada la existencia del platino en la Serranía de Ronda.

A partir de ese momento, Orueta adquirió a su costa material para sondear aluviones hasta una profundidad de 20 a 30 metros e hizo trabajos de investigación durante el otoño de 1914, y primavera y verano de 1915, acom-

pañado entonces sólo por su hijo D. Manuel, ingeniero de minas, logrando reunir algunos gramos de tan precioso metal.

Continuarlos en grande escala para cerciorarse de si allí había un negocio industrial, exigía un gasto de 300.000 pesetas, al cual, dice el mismo Orueta, no podía hacer frente.

En esas condiciones, teniendo en cuenta las diversas fases del asunto, decidió darle cierto carácter de publicidad oficial y conocer la opinión de sus compañeros del Cuerpo de Minas, para lo que se valió de su célebre conferencia dada en el *Instituto de Ingenieros Civiles* el 30 de Octubre de 1915, en la que expuso cuanto tenía que decir y enseñó muestras del platino recogido, asombrando a sus oyentes, gente toda culta, no sólo por lo interesante del tema que desarrolló sino porque a la mayoría se reveló como orador de altos vuelos y experto conferenciante que expuso con gran claridad, precisión y correctísima dicción cuanto se proponía decir.

Cedió Orueta al Estado lo que pudo hacer suyo y consecuencia de aquella conferencia fué el que se interesaran S. M. el Rey, el Gobierno y buena parte de la opinión pública por ver si además de lo que al estudio científico y período de pruebas se refería pudiera hallarse una riqueza mineral aprovechable económicamente.

El caso fué que las Cortes votaron la llamada «Ley del platino» con un crédito de 300.000 pesetas para que el Estado hiciera el reconocimiento de la Serranía de Ronda; ampliando la investigación, por iniciativa de S. M., a los minerales de níquel y de cromo y reservándose una superficie de terreno que mide aproximadamente 1.500 kilómetros cuadrados.

Bajo la dirección de Orueta empezaron los trabajos en

Noviembre de 1915 ayudándole los jóvenes ingenieros de minas Miguel Moya y Enrique Rubio; el primero hasta el 1917 y el segundo hasta que se dieron por terminados.

Durante los años 1916 y 1917 se reconocieron totalmente los ríos Verde y Guadaiza con resultados positivos; no así el Guadalmina. Para dar una idea de la minuciosidad con que se hizo la investigación basta decir que en el río Verde el número de sondeos fué de 68 y el de metros perforados 775,94 en ciento ochenta y ocho días de trabajo. La longitud total de la zona reconocida fué de 5.091 metros y el volumen de arenas peridóticas lavadas de 25.740 litros.

En los aluviones del río Guadalmina se hicieron 127 taladros con 624 metros en 120 días. Se reconoció una longitud de 3.845 metros y el volumen de arenas lavadas fué 11.251 litros.

Para hacer los análisis se tomaban muestras de metro en metro en cada uno de los taladros, y se reconocieron 246,531 kilogramos de platino, cuyo valor en aquella época a razón de 20 pesetas gramo era de 4.930.620 pesetas. No creyó Orueta que era negocio explotarlo dado el exageradísimo precio que entonces tenían las dragas, pero aconsejaba se reservara el Estado por un período indefinido los aluviones de esos ríos, y así se hizo.

En cuanto al mineral de cromo, la especie casi única de la Serranía aprovechable para las aplicaciones industriales es la cromita o sesquióxido de cromo que en ocasiones se localiza en bolsadas de cromita casi pura enclavadas en las peridotitas y originadas, probablemente, por una segregación magmática anterior a la solidificación del magma.

Son frecuentes, dice Orueta, las bolsadas de 10.000 a 15.000 toneladas de cromita, cuya ley en sesquióxido de

romo excede en la Serranía del 45 % y llega con frecuencia, al 50 y al 52 % que es casi la máxima en las cromitas. Hasta hoy no se explotó ninguna de esas bolsadas.

No ocurre lo mismo con los minerales de níquel que se presentan en «criaderos en rosario» formando pequeñas bolsadas aisladas en las peridotitas. El mineral más abundante, único que se explotó en la Serranía, es el "Kupferníquel" de 15 a 21 por ciento de níquel metálico. Pero Orueta encontró, además, la Garnierita que en algunos yacimientos acompaña a aquél en proporciones notables y que ha sido clasificada como un hidrosilicato de níquel y magnesia, con ley de 16,20 por ciento de níquel metálico.

La cantidad de minerales de níquel y de cromo que descubrió Orueta, es bastante mayor de la que se necesita para abastecer de níquel, ferroníquel y ferromanganeso a las fábricas militares del Estado español. Se reservó éste la zona de *Los Jarales, Sierra de Aguas*, dejando libre el resto para la industria particular.

De la escrupulosidad que se tuvo para hacer las investigaciones, da idea lo que a continuación transcribimos del *Informe sobre el reconocimiento de la Serranía de Ronda* donde está de manifiesto cómo el sabio acostumbrado a descubrir con el microscopio más perfeccionado el mundo invisible a simple vista, busca en su ayuda, por no encontrar otro medio mejor, a cuadrillas de hombres rudos, sin cultura alguna.

Dice así en su libro:

«El procedimiento de cuadrillas volantes consiste en hacer reconocer el terreno por hombres que tengan alguna costumbre de conocer minerales, que vayan recogiendo las muestras de éstos que se encuentren y señalando los sitios para examinarlos después con más detenimiento. Este método es primitivo, y si se quiere poco científico.

co; es además, largo y caro; pero confesamos francamente que no se nos ha ocurrido otro que pudiera resolver con certeza los problemas que surgían ante nosotros y que hemos planteado antes. Ni en los libros ni en las consultas que hemos hecho a distinguidos compañeros nuestros, hemos encontrado otro método que lo pueda sustituir. Por otra parte, este procedimiento bien aplicado es de resultado casi infalible, porque pone de manifiesto hasta los afloramientos más insignificantes de minerales que puede haber en la región que se reconoce».

Dos son los motivos que me han inducido a dar detalles de lo que Orueta hizo en lo que se dió en llamar «cuestión del platino».

El primero es, que ese trabajo, modelo entre los de su género, lo llevó a cabo cuando estaba en el apogeo de sus facultades físicas e intelectuales, y para que se sepa que si bien le proporcionó alegrías y satisfacciones, también lo es que sufrió críticas, a mi juicio injustas, y amargas que le duraron hasta el último día de su vida.

El segundo motivo es, que creo que la labor del cronista no debe limitarse a reproducir la lista de las publicaciones de su biografiado y ensalzar sus méritos personales; debe llamar la atención no tan solo de sus obras que fueron unánimemente celebradas sino también de aquéllas que fueron más discutidas.

La vida administrativa de D. Domingo de Orueta fué poco movida.

De la Escuela de Minas pasó a Vocal del Instituto Geológico de España en 19 de Noviembre de 1915. De su actuación en esa época dan fe los BOLETINES donde en casi todos los números aparece su nombre.

Por pase a la «Presidencia del Consejo de Minería» del Ilmo. Sr. D. César Rubio quedó vacante la Dirección del



Instituto Geológico, cargo que por primera vez se sacó a concurso.

Para dar cumplimiento al precepto reglamentario que así lo ordena, nos reunimos los vocales el 14 de Febrero de 1925 y tuve la honra de redactar la ponencia, aprobada por unanimidad, en la que va reflejado el espíritu que reinó en aquella, para nosotros, memorable reunión.

Decía así:

«Los trabajos del Sr. Orueta son de mérito excepcional, pues además de ser individuo de número de la «Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales», Inspector General de Minas, Subdirector en propiedad del «Instituto Geológico de España», profesor durante muchos años de la «Escuela de Capataces de Minas de Mieres», alumno de la Escuela de Minas con calificación de Sobresaliente los cinco años y final de carrera, presenta una serie de concienzudos estudios científicos originales que abarcan varias ramas de las más complicadas de la Geología, de la Mineralogía y de la Física».

«Tiene reputación mundial en petrografía y en el manejo del microscopio en cuanto pueda tener relación con la Mineralogía y la Geología, pues sus libros son consultados y citados por los especialistas extranjeros, para gloria de España y honra del Cuerpo de Minas a que pertenece, por todo lo cual, reúne condiciones excepcionales para el cargo de Director del Instituto».

Fué nombrado en 11 de Marzo de 1925, de modo que sólo pudo desempeñarlo nada más que unos diez meses con su salud muy quebrantada. Se conoció, sin embargo, su orientación hacia el Mapa Tectónico de España en escala de 1:100.000 y a dar gran impulso a los laboratorios y en particular al de Geofísica, ya que el de Óptica había logrado colocarle a la altura de uno de los primeros del mundo.

Le halagaban los honores ganados con su esfuerzo personal, y no hay porqué no decirlo, pues él así lo repetía a sus amigos en su charla íntima.

Fué Presidente de la «Sociedad de Historia Natural», Presidente de la «Sociedad Española de Física y Química», miembro honorario de la «Sociedad Malagueña de Ciencias», «fellow» de la «Royal Microscopical Society» de Londres, de la «American Microscopical Society» de Decatur de Illinois y de la «U. S. Optical Society» de Washington; colaborador de la casa Zeiss, de Jena, desde 1889 dirigida entonces por el profesor C. A. Abbe y del «Glas-technische Laboratorium» dirigido por el Dr. Otto Dehoyt, de la casa «Wattson and Sons» y R. y J. Beck, de Londres, Doctor *honoris causa* de la Universidad de Jena, etc.

Se interesaron en los trabajos de Orueta la casa Reichert, de Viena y la de Korisca, de Milán.

El 18 de marzo de 1923, ingresó en la «Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales» y eligió para tema de su discurso *Resumen de la Historia del microscopio y su aplicación en las ciencias naturales*.

No se sabe qué admirar más en ese trabajo, si la erudición que representa el texto o la cultura extraordinaria que revelan las numerosas citas que le acompañan, pues a cada una y a las afirmaciones que hace van unidas las pruebas en que se basó, consignando los títulos y demás datos de las obras de que proceden. A cada nombre de autor que cita acompaña una sucinta biografía y una referencia de sus principales obras. En las 139 páginas que tiene el discurso hay cerca de 100 notas de esa índole.

Es interesante, instructiva y amena la historia que hace de la óptica, desde las primeras referencias que se encuentran en las obras de los escritores filósofos de Grecia, y a partir del siglo VI antes de Jesucristo, en las que

se alude con frecuencia a lentes y a esferas de vidrio destinadas a producir fuego concentrando los rayos solares sobre un punto, hasta la aceptación por el mundo científico en 1880 de la tan justamente celebrada "teoría de Abbe" que modificó el concepto que entonces se tenía de la formación de la imagen microscópica y trajo como consecuencia un cambio radical en la construcción de los elementos ópticos del microscopio.

Por cierto que una de las citas antiguas se encuentra donde menos nos podíamos imaginar hubiese relaciones de esta índole: en la célebre comedia de Aristófanes titulada "Las Nubes". A título de curiosidad vamos a referirla.

Uno de los episodios de la comedia de Aristófanes (1), dice Orueta, estriba en el consejo que un hombre corrido y algo pillo llamado Strepsiades, da a su amigo Sócrates para que no pague una multa que le han impuesto y cuya sentencia va a escribir un escribano con un estilete y sobre un papiro cubierto de una capa delgada de cera. El diálogo es el siguiente:

STREPSIADES. ¿No has visto en las tiendas de las droguerías esa piedra bella y diáfana con la cual encienden el fuego?

SÓCRATES. ¿Hablas de una lente de cristal?

STREPSIADES. Sí.

SÓCRATES. Bien. ¿Qué harías?

STREPSIADES. Si tomando este cristal cuando el escribano hubiese escrito la condena me colocase un poco detrás de él y expusiera el cristal al sol, se fundirían todas

(1) Aristófanes: "Las Nubes". Traducción de C. Poyard, París 1892. "Teatro de los griegos". Traducción del P. Brumoy, 2.<sup>a</sup> edición. París 1823. T. XIII. "Las Nubes" acto segundo, página 67.

las letras de la multa escritas sobre cera.

SÓCRATES. Muy bien.

Esta comedia de Aristófanes se representó por primera vez el año 424 antes de J. C.

Al hacer la historia de los instrumentos de óptica de que se ha servido el hombre para tan distintos usos, describe el primer objeto que se supone pudo actuar como lente y que se conserva en el *Museo Británico* de Londres. Fué encontrado por el arqueólogo M. Lazard en las cercanías del palacio asirio de Nineroud en Nínive y se ha podido fijar con bastante exactitud su antigüedad que corresponde a la fecha de 721 a 705 antes de J. C. Es un trozo de cristal de roca, de forma ovalada, de unos seis centímetros de longitud por cuatro de anchura, y de poco más de un centímetro de espesor en su parte central. Una de sus caras es plana y la otra convexa, estando talladas ambas con bastante perfección.

Hace un extracto en ese libro de los escritos que merecen tenerse en cuenta por la autoridad indiscutida de sus autores, referentes a la discusión sobre quien ha sido el inventor del anteojo y quien el del microscopio, discusión que ha durado casi tres siglos y aun perdura.

Expone cuanto de más fundamento se ha dicho sobre la invención del anteojo que se la disputan el holandés Jacobo Metius (1608); Juan Lippersheim, natural de Wessel y fabricante de gafas de Middelburgo (1608) quien por encargo de los Estados Generales de Holanda construyó un anteojo de cristal de roca al precio de 900 florines (unas 1.875 pesetas) y los que atribuyen el invento a los hermanos Jansen, aunque esta opinión está muy rebatida hoy, quedando por último Galileo cuya posición respecto a la invención del anteojo él mismo la refiere en una carta que escribe el 10 de marzo de 1610, cuyo texto transcribe

Orueta y resume diciendo: «Supo que se había inventado en Holanda un instrumento para ver los objetos a distancia, sospechó cual debía ser el principio óptico en que se basaba, estudió el problema y lo resolvió construyendo el antejo que desde entonces lleva su nombre».

Respecto al microscopio, dice, que hasta mediados del siglo XIX ha sido opinión universalmente admitida que había sido inventado por Haus (Juan) y Zacarías Jansen, fabricantes de gafas y lentes de Middelburgo, entre 1590 y 1610, pero desde aquella fecha comenzó a señalarse una corriente de opinión en pro de Galileo como inventor del microscopio y del antejo, si bien esto no contradice la probabilidad de que fueran los Jansen los primeros que lo inventaron en Holanda, dado que en aquel tiempo era muy posible y hasta bastante probable que determinado instrumento existiera en un país y hasta se usara varios años sin que se tuviera conocimiento de él en países alejados. Lo ocurrido con el antejo cuya invención no llega a oídos de Galileo hasta 1610, es una buena prueba de ello.

Zacarías Jansen presentó en 1510 un microscopio para el Archiduque Alberto de Austria, el cual lo regaló a Cornelius Drebbel que vivía, como matemático del Rey, en la Corte de Jorge I de Inglaterra. Este instrumento medía 18 pulgadas de largo y consistía en un tubo de cobre dorado de dos pulgadas de diámetro soportado por dos delfines esculpidos, apoyados sobre un zócalo de ébano, sobre el cual se colocaba el objeto.

El microscopio de Galileo lo usaba alternativamente como tal microscopio o como antejo, cambiando la distancia entre los elementos; se componía de dos lentes: una biconvexa, que actuaba como objetivo y otra bicóncava que servía de ocular. El objeto no se alumbraba por ningún

aparato especial, sino por la luz, bien la natural del día o la artificial de la lámpara que había en la habitación y que llegaba directamente a la cara superior de dicho objeto. A este aparato le designó Galileo con el nombre de *Oschialino* y de él decía que «a una mosca se la ve del tamaño de una gallina».

A partir de estos primitivos instrumentos en los que se miraba un objeto sin cubrirlo, provistos de lentes sin correcciones esférica y acromática, hace Orueta un resumen de los principales microscopios que se han conocido, que él examinó personalmente en los museos y colecciones o que estudió teniendo a la vista los textos y grabados; cita los rasgos más salientes de cada uno y los que le diferencian de los demás, tanto en la parte óptica como en la mecánica. No limita a eso su trabajo pues justifica los perfeccionamientos e inventos sucesivos, con el descubrimiento de las nuevas teorías y leyes fundamentales de óptica de las que también hace historia y las comenta en claro y conciso resumen.

Y así llega hasta los microscopios actuales con la precisión, realmente asombrosa, de sus mecanismos; a los universalmente conocidos *vidrios de Jena* con los que consiguió Abbe llevar sus fórmulas a la práctica, realizándolas con esos admirables objetivos llamados *apocromáticos* que pueden considerarse como completamente acromáticos y que han contribuido a descubrir dos de los inventos más notables de la microscopía moderna que son: la *ultramicroscopía* por medio de la cual se ha llegado a percibir partículas cuyo tamaño no debe exceder de cinco millonésimas de milímetro, y la aplicación al microscopio de las *radiaciones ultravioleta* que por la corta longitud de onda, muy inferior a las ordinarias, y por su frecuencia, superiores a 750 billones de vibraciones por segundo, ha-

ce que se vean grandes diferencias para cuerpos de substancias muy análogas, y que el poder resolvente de un objetivo se aumente considerablemente, pudiéndose observar cuerpos, fenómenos y detalles invisibles con la luz natural.

También vale la pena de citar los últimos espectrómetros inventados, con los que se llega a descubrir la existencia en una roca de una cantidad de mineral que el análisis químico más escrupuloso ni siquiera puede sospechar, obteniéndose fotografiada la raya del espectro correspondiente.

El ilustre por muchos conceptos, Excmo. Sr. D. Daniel de Cortázar, Ingeniero del Cuerpo de Minas, al contestar a Orueta en la Academia, calificó su discurso de "muy documentado y brillantísimo" y lo estimó "verdaderamente digno del autor que lo presenta y de la Academia que recibe la ofrenda".

Las publicaciones de nuestro biografiado son muchas y todas valiosas. Aparte va la lista de las que conocemos escritas en lengua española.

De ellas elegimos tres para hacer especial mención pues aparte de lo heterogéneo de las materias de que tratan, representan tres épocas de su vida: *Informe sobre los terremotos ocurridos en el Sur de España en Diciembre de 1884 y Enero de 1885*, *Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda*, 1913-1917 y la titulada *Microscopía. La teoría y el manejo del microscopio*, 1922.

Cuando estudiaba el último año de su carrera, ocurrieron en las provincias de Málaga y Granada grandes terremotos, por lo que Orueta pidió autorización al Director de la Escuela de Minas para recorrer la región devastada y tratar de investigar las causas del fenómeno y sus relaciones con la constitución geológica del país; autorización que le fué concedida de Real Orden.

Escribió con ese motivo aquel informe que fué publicado por la *Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales* de Málaga, en un folleto de 53 páginas con 20 láminas y un mapa.

Tenía, pues, Orueta 23 años cuando se metió en tal empresa y no hay que olvidar que para el mismo estudio vino a España una misión de geólogos franceses presidida por el ilustre Mr. Fouquet de la que formaban parte MM. Michel Levy, Bertrand y otros, y que también fué a Andalucía una comisión de ingenieros de minas españoles de la antigua *Comisión del Mapa Geológico de España*, presididos nada menos que por el muy esclarecido Ingeniero del Cuerpo de Minas, Excmo. Sr. D. Manuel Fernández de Castro, sabio geólogo a quien todavía hoy se nombra con admiración y respeto en el Instituto por la enorme labor que se realizó en su tiempo. Y me es más grato el consignarlo, por cuanto a dicho señor tuve cariño entrañable porque en mi juventud hizo conmigo las veces de segundo padre y me complazco en dar público testimonio de mi gratitud y reconocimiento que aun conservo en el ocaso de mi vida.

No tengo autoridad para juzgar la obra de Orueta como sismólogo, pero sí la tiene muy merecida en España y más en el extranjero, el comandante de Estado Mayor, Profesor de la Escuela de Guerra, D. Vicente Inglada, que dirigió durante muchos años la estación sismológica de Toledo.

Amablemente contesta a mi requerimiento en esta forma:

«El informe de Orueta relativo al terremoto de Andalucía de 25 de Diciembre de 1884, es un modelo de observación concienzuda y prueba ya el talento del joven alumno que había de escribir más tarde el estudio magistral de la Serranía de Ronda».

«Es uno de los más documentados y fundamentales para el estudio del terremoto de Andalucía; revela un observador experto y nadie creería que está hecho por un joven que no había aun terminado su carrera».

En ese Informe, en lugar de amoldar Orueta su observación al concepto de la teoría focal de los sismos, que entonces imperaba, se ajusta a la realidad de los fenómenos y fija el hecho de que los efectos destructores del terremoto andaluz no se distribuyen de manera uniforme ni se agrupan alrededor de puntos fijos siguiendo la ley del decrecimiento progresivo con la distancia, sino que los máximos efectos destructores preséntanse en zonas paralelas, separadas por otras en que los efectos son casi inapreciables.

Esta observación fundamental se alzaba contra la teoría del foco puntiforme: Orueta y Mac-Pherson en el sismo andaluz, veían la relación entre los efectos destructores y los accidentes tectónicos de la zona conmovida. Con su genio se adelantaban a la concepción de las líneas nomotectónicas que Hobbs daría veinte años después.

El *Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda*, publicado en 1917, forma un volumen de 567 páginas con 4 mapas y 16 láminas en colores con 51 microfotografías obtenidas por trieromías que significaron un adelanto considerable en las publicaciones de cuestiones petrográficas en nuestro país, que de un golpe se puso a la altura máxima de cualquier otra nación en este aspecto.

El principal mérito de este estudio fué llegar a la clasificación completa y detallada de la masa hipogénica de la Serranía de Ronda cuyas rocas habían sido clasificadas con el nombre general de serpentinas y hacían la presunción de que estas serpentinas provenían de la descomposición de masas peridóticas del tipo ácido como *nori-*

*tas y lerszolitas*; Orueta con su estudio vino a demostrar que la serpentización era tan solo un fenómeno sin importancia y que se había efectuado en la costra puramente superficial de las rocas, encontrando y clasificando con toda exactitud la serie peridótica de *dunitas, harzburgitas, piroxenitas, lerszolitas, dialaguitas, noritas y gabros* que le condujo al descubrimiento del platino. Hecho que resume en dos consecuencias:

Primera. «Las serpentinas todas de la Serranía de Ronda así como también los minerales accesorios que las acompañan, son de segunda formación y han sido producidos por la hidratación de los minerales constituyentes de las peridotitas en época posterior a la consolidación de éstas». Es decir, que en el caso de la Serranía de Ronda todas las serpentinas son de origen secundario.

Segunda. «La formación de la serpentina superficial debida a la hidratación de la roca por los agentes atmosféricos, ha debido comenzar en cuanto las peridotitas, bien por denudación de la cubierta del batolito o por movimientos orogénicos, hayan estado expuestas a dichos agentes. El proceso que comenzó entonces continúa hoy día».

Esto que al parecer sólo tiene importancia científica, la tiene grande al estudiar la génesis de cierta clase de yacimientos, entre otros muchos, los de hierro de la bahía de Moa, en Cuba, formados por laterización de las serpentinas, según se demostró en el informe que con ocasión de un ruidoso pleito tuve el honor de firmar con los señores Adán de Yarza y Sánchez Lozano.

Es el libro de la Serranía una inmejorable obra de consulta para el estudio al microscopio de los minerales constituyentes de aquellas rocas hipogénicas, donde está descrito con todo detalle, desde la manera de tomar las

muestras y prepararlas en láminas delgadas, espesor de las preparaciones, examen con luz reflejada, etc. etc. hasta su descomposición, hipótesis sobre su formación y estudio petrográfico, y todo hecho en forma tal para que pudiera servir a los ingenieros de minas españoles, dice Orueta en la *Introducción*, «a modo de un Manual o una guía que les ayude en la identificación rápida de muchas de las rocas de nuestro país».

«Es admirable el extracto que hace de los 41 trabajos publicados hasta aquella fecha sobre la Serranía, para ahorrar tiempo al lector y que éste pueda encontrar fácilmente en estas notas, sin necesidad de acudir al original, lo que cada autor opina sobre la geología y petrografía de la región que nos ocupa».

Al nombrar esa obra, que no tiene una sola línea de desperdicio, no se puede por menos que citar el Capítulo que trata de los *Fenómenos de metamorfismo*, su historia, opiniones modernas sobre el metamorfismo, metamorfismo entre las peridotitas y otras rocas de la Serranía, etc. etc.

El concepto que formaba de sus trabajos Orueta, lo expresa así: «lo que en este libro se expone dista mucho de ser un estudio completo de esta región y merece, a lo sumo, el calificativo de bosquejo».

La obra capital de Orueta, su obra cumbre, es *Microscopía. La teoría y el manejo del microscopio*, publicada en el año 1922. Es la más completa, dicen los que para ello tienen competencia, de cuantas referentes al asunto existen en el mundo.

Forma dos volúmenes de más de 500 páginas cada uno en los que trata de las teorías del microscopio, la composición óptica y mecánica de este instrumento y la enseñanza de su manejo práctico.

Va precedida de un extenso prólogo del muy ilustre maestro en tantas cosas difíciles, D. Santiago Ramón y Cajal. «¿Quién no conoce y celebra—dice Cajal—al petrógrafo descubridor del platino en la Serranía de Ronda, al inventor de interesantes aparatos micrográficos aplicados a la obtención de las pruebas con la luz común, las radiaciones espectrales y las ondas ultravioletas, y al conferenciante incomparable cuyos cursos teórico-prácticos sobre el manejo del microscopio y de la microfotografía suscitaron la admiración de los doctos?»

Hace también alusión en ese prólogo a que la *Junta de Ampliación de Estudios* había tenido a gran honor patrocinar la publicación «segura de prestar a los micrógrafos españoles un guía precioso y de enriquecer, además, el patrimonio cultural de nuestro país con una contribución científica magistral».

La opinión que de ese libro tiene formada Enrique Rubio, ingeniero de minas, discípulo predilecto de Orueta y aunque muy joven es ya muy competente petrógrafo, es la siguiente: «todo cuanto se puede decir sobre este libro está dicho en el prólogo de Ramón y Cajal. Yo sólo puedo añadir que cuantas veces lo he consultado sobre asuntos de microscopía general, por ejemplo, para alumbrado de microscopios, para instalación de laboratorios, para el manejo general del microscopio, obtener su máximo rendimiento y utilidad, para la explicación científica de algunos fenómenos ópticos, etc... he encontrado cuanto buscaba, con una claridad de exposición y minuciosidad de detalle, única, como sólo él sabía hacer fáciles y sencillas las cuestiones más difíciles y áridas, porque es un libro para ayudar al que trabaja y no como otros muchos para lucir la erudición del autor».

Si de valer son los trabajos que Orueta publicó, tanto

más lo son los escritos que hizo con motivo de informes, consultas, etc., difíciles todos por estar destinados a resolver dudas y problemas que le presentaban profesores y técnicos de las más acreditadas casas constructoras de aparatos de óptica.

He aquí una nota de los más conocidos:

*Obtención de 30 microfotografías* hechas por cuenta de la casa Zeiss con el fin de demostrar prácticamente las capacidades ópticas de los objetivos apocromáticos. Estas microfotografías fueron expuestas en la Exposición de París de 1900.

*Estudio óptico de los condensadores ingleses de gran abertura.* Este trabajo lo verificó Orueta por encargo de la «Royal Microscopical Society», de Londres, y de él se dió cuenta en las reuniones del año 1902.

*Estudios técnicos de un vidrio de óptica cuyo espectro sea igual o difiera muy poco del espectro normal obtenido con una red de difracción.* Este trabajo lo hizo por iniciativa propia en 1902, consiguiendo, al año siguiente resolver la mayor dificultad del problema que era la originada por la formación, en el seno de masa vítrea fundida, de silicatos solubles. La Casa Shott y Genosen, de Jena, propietaria del mencionado laboratorio técnico del vidrio, ha sacado partido de este trabajo y publicó, en 1904, los resultados en la Revista alemana ya citada.

*Discusión sobre el alumbrado del microscopio, basándose en leyes de óptica y no en reglas empíricas.* Esta discusión la planteó en la «Sociedad Inglesa de Microscopía» y dió por resultado el principio óptico que informa los colectores ingleses que se colocan a continuación del foco de luz (1905-1909).

*Examen óptico de vidrios para objetivos* que han venido remitiendo al Sr. Orueta varios fabricantes. Para este

trabajo ha necesitado ciertos aparatos que él ha proyectado y que han sido construídos por la Casa R. Fuess, de Berlín-Steglitz.

Estudios de objetivos, condensadores y otros aparatos de óptica que las casas constructoras han solido enviarle para que informe sobre ellos. Estos informes han aparecido en las revistas especiales inglesas y alemanas.

*Aparato para microfotografía instantánea*, que construyó en 1892 la casa Zeiss, la cual obtuvo patente del invento en Alemania. La descripción apareció en la Zeiss. für Mick. Tech., en 1893.

*Sistema y aparato para la investigación óptica del espato fluor*, con objeto de determinar si los trozos de dicho mineral son o no aplicables a la construcción de lentes. Cedió la propiedad en 1897 al "Glastechnische Laboratorium", de Jena.

*Cálculo de varias lentes metaesféricas, aplanáticas por sí mismas.* Con estas lentes se consigue un aplanamiento casi total evitándose la construcción de sistemas completos con la consiguiente absorción de luz. En el laboratorio establecido en la casa del Sr. Orueta hay cinco de estas lentes, con diferente curvatura, que se utilizan en aparatos diversos.

*Horno de gas para el enfriamiento progresivo de los bloques grandes de vidrio destinados a la fabricación de objetivos astronómicos.* Proyecto hecho en 1917 por encargo de un grupo de fabricantes americanos de vidrios de óptica durante la guerra.

*Microscopio especial para investigaciones micrográficas.* La mayor parte de los trabajos antes citados necesitaban para su buen éxito de una montura de microscopio capaz de recibir cuantos objetivos, condensadores, oculares y demás elementos ópticos que fabrican los construc-

tores, y no existiendo esta montura en el mercado, hubo de proyectar una que constituye un microscopio completo, basado en nuevos principios y que ha sido admirablemente construido en el taller científico que dirige el eminente ingeniero D. Leonardo Torres Quevedo.

*Microscopio petrográfico universal*, cuyo objeto es reunir en un mismo instrumento los medios para estudiar las rocas, examinar metódicamente sus componentes por medio de una platina mecánica, con escalas de entonación y poder estudiar al mismo tiempo los minerales aislados y determinar sus constantes ópticas aplicando el método del teodolito. Este aparato calculado y dibujado por su autor, ha sido construido por Fuess, de Berlín-Steglitz.

*Platina universal para el estudio de minerales y rocas*, basada en el principio de Federow, pero modificada casi en su totalidad por Orueta añadiéndola un giro más y disponiendo sus círculos de un modo distinto. Fabricada por Torres Quevedo, ha resultado muy útil para el estudio micrográfico de los minerales, pues la exactitud de sus divisiones es absoluta.

Si como hombre de ciencia tuvo Orueta un relieve extraordinario, su cultura en otras ramas del saber humano era también muy grande.

Conocía los principales museos de arte de la Europa Central y Occidental; de los de Italia, los de Roma y Florencia en particular, hablaba con tal profusión de detalles haciendo la crítica de las principales obras que encierran, que más bien que un aficionado parecía que hablaba un competetísimo profesional. El arte griego en todas sus manifestaciones, la civilización egipcia, la historia del mundo antiguo, de todo conocía. En cuanto a música, era un inteligente aficionado, y en su casa tenía montado un magnífico órgano eléctrico con más de 3.000



rollos de todas clases, desde las clásicas y complicadas composiciones hasta las frívolas operetas extranjeras y ligeras zarzuelas españolas. Gran aficionado a la lectura conocía perfectamente la literatura española y parte de la extranjera, pues traducía y hablaba, por lo menos que yo sepa, el francés, inglés, alemán y el italiano. Todo ello unido a gustos y modo de vivir refinados y señoriales.

¿De qué tiempo pudo disponer ese hombre para adquirir tal cultura? ¿Qué cerebro privilegiado no debió ser el suyo para asimilar y retener tan variadas y difíciles materias?

Con lo escrito queda esfumado un bosquejo de la figura de Don Domingo de Orueta. Su retrato no hay duda que se hará con el tiempo, y desde ahora puede asegurarse que quien tome a su cargo tal tarea ha de ser hombre de cultura extensa y que ha de disponer de mucho tiempo para analizar su obra.

Nada hay de original en lo que sobre Orueta llevo escrito pues todo aparece en sus libros y en los discursos a que antes me he referido; casi todo está en lo mucho que se escribió con motivo de su muerte en la prensa diaria y en las revistas científicas, particularmente en la *Mínera, Metalúrgica y de Ingeniería, Obras públicas, Ingeniería y Construcción, Ibérica*, etc. etc.

Para terminar, sólo me queda por expresar que mi más ferviente anhelo, mi más vehemente deseo, es que el Dios del Perdón, indulgente y misericordioso, haya acogido en su seno al bueno de *Chomin*, cumplido caballero, voluntad firme y bien templada, que dedicó su vida al estudio y al trabajo para enaltecer a su Patria y la profesión a que perteneció.

VICENTE KINDELAN



### Lista de las publicaciones más conocidas de D. Domingo de Orueta. (I)

*Informe sobre los terremotos ocurridos en el Sur de España en diciembre de 1884 y enero de 1885.* Publicado por la Sociedad Malagueña de Ciencias Físicas y Naturales. Un tomo de 53 páginas, con 20 láminas y un mapa.

*Indicaciones para el estudio de los infusorios.* «Boletín de la Institución Libre de Enseñanza», números 319 a 322. Mayo a julio de 1890.

*Some Notes on Photo-Micrography.* «The Illustrated Annual of Photo-Micrography.» London, 1900.

*Descripción de algunas esponjas del Cantábrico.* «Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural», 1900-1901.

*Programa de Electrotécnica.* Serie de 24 lecciones que constituyen el curso profesado en la «Escuela de Auxiliares de Minas, Hornos y Máquinas de Asturias». Miéres, 1902.

*Curso de Electrotécnica.* Explicación del anterior programa. Tomo de 268 páginas con 216 figuras. Mieres, 1902.

*Apparatus for Microphotomicrography with microscope standing in any position especially in inclined position.* «Journal of the Royal Microscopical Society», 1911 (Londres). De este trabajo hay una traducción al español que se publicó en la «Revista Minera» (enero de 1912), y en el «Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural» (abril de 1912).

(1) Véase la «Contestación del Excmo. Sr. D. Daniel de Cortázar al Discurso leído por D. Domingo de Orueta en el acto de su recepción en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, el día 18 de Marzo de 1923».

*Nueva lámpara eléctrica Nernst para microfotografía y proyección.* Con algunas consideraciones sobre el alumbrado del microscopio. «Revista Minera», números 8 y 10, diciembre de 1911.

*Aplicación de la luz violeta a las investigaciones microfotográficas.* Instituto de Ingenieros Civiles. Madrid, 1904.

*La luz ultravioleta y sus aplicaciones en microscopía.* Con un resumen de los trabajos hechos en el laboratorio del autor durante el año 1911 y primer semestre de 1912. «Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas Naturales». Madrid, 1913.

*Microfotografía y sus aplicaciones en Histología e Historia Natural.* Serie de conferencias dadas en la Facultad de Medicina de Madrid y Museo Nacional de Ciencias Naturales». Madrid, 1911.

*Las obras sobre visión microscópica, de D. Joaquín María Castellarnau.* «Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural, mayo, 1912.

*Reproducción microfotográfica de las rocas con sus colores por medio de placas autócromas.* «Boletín del Instituto Geológico de España», 1913.

*Aparato para la observación microscópica directa, dibujo y microfotografía con luz monocromática.* Asociación para el Progreso de las Ciencias. Congreso de Granada en 1911.

*Resultado práctico del estudio petrográfico de la Serranía de Ronda.* Instituto de Ingenieros Civiles. 1911.

*Instalación de microscopía del ingeniero D. Domingo de Orueta en Gijón.* «Revista Minera», 1911.

*La mina de grafito de Ronda que pertenece al Estado. Nota sobre su historia, estado y riqueza.* «Boletín Oficial de Minas y Metalurgia», 1917.

*Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda.* «Memorias del Instituto Geológico de España». 1917, (517 páginas, 16 láminas, 1 mapa).

*Microscopios mineralógicos y petrográficos.* «Revista de la Real Academia de Ciencias», tomo XVI. Madrid, 1917.

*Informe sobre el reconocimiento de la Serranía de Ronda.* «Boletín del Instituto Geológico de España», 1919.

*Microscopía. Teoría y manejo del microscopio.* Publicado por la Junta para Ampliación de Estudios. Madrid, 1922 (2 volúmenes de más de 500 páginas cada uno, abundantemente ilustrados).

*Resumen de la historia del microscopio y su aplicación a las ciencias naturales.* Discurso de entrada en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid, 1923.

*Determinación de los feldespatos triclinicos por medio de sus caracteres ópticos en la zona perpendicular a g<sub>1</sub>*. «Boletín del Instituto Geológico de España», tomo XLIII, 1922.

*Procedimiento óptico para facilitar el estudio de los minerales isótopos y de las maclas múltiples.* «Boletín del Instituto Geológico de España», tomo XLIII, 1922.

*Estudio petrográfico de la Sierra Almijara y de la parte occidental de Sierra Nevada.* «Boletín del Instituto Geológico de España», tomo XLIII, 1922.

## PRÓLOGO

El estudio de la *Cuenca de esquistos bituminosos de Ribesalbes* (Castellón) con que principia este tomo, obedece a un plan trazado para ir delimitando las áreas que puedan suministrar aceites por la transformación de sus materiales, mientras llegan a precisarse por los sondeos los campos petrolíferos.

Dos rasgos salientes se destacan en este estudio: ha sido completado por la reunión de varios especialistas, y es lo primero que sobre paleofitología moderna bien representada se hace en nuestro país.

La Geología y Botánica de la cuenca ha sido estudiada por el Ingeniero D. Primitivo H. Sampelayo y la fauna por D. Manuel Cincúnegui; sigue a continuación una *Nota sobre algunos insectos fósiles de Ribesalbes* (Castellón) de D. Juan Gil Collado, Licenciado en Ciencias y Conservador de Entomología en el Museo de Ciencias Naturales, trabajos que tienen igualmente prioridad en su clase.

Cierran el conjunto unas notas relativas a la naturaleza de los esquistos y a su explotación industrial, redactadas por el Ingeniero industrial, D. Antonio Mora.

Este trabajo sobre Ribesalbes resulta de interés y oportunidad, ofreciendo normas y ánimos para otros análogos en que se pueda llegar hasta el impulso industrial con los

datos científicos, abarcando todo el estudio de una cuenca. Por su mérito ocupa lugar preferente entre los que figurarán en la lista de publicaciones de nuestro BOLETÍN y prueba de ello es como fué alabado, sin distinción de nacionalidades, por los asistentes a la XIV Sesión del Congreso Geológico Internacional.

El Sr. Sampelayo es bien conocido de los lectores del BOLETÍN por sus notables escritos. El Sr. Gil Collado también tiene merecida reputación en los centros donde se ocupan del estudio de Ciencias Naturales, por lo tanto nada tengo que decir sobre ellos.

En cuanto al Sr. Cincúnegui, doy por seguro que continuará por el camino emprendido hasta lograr el lugar a que tiene derecho, y D. Antonio Mora, tiene adquirida merecida reputación en la materia de que trata.

La parte gráfica hace honor a los Sres. Hauser y Menet y a la industria litográfica española.

Sigue a ese trabajo otro del Sr. Bataller cuyo nombre es muy estimado entre los geólogos españoles y que en la presente ocasión honra las páginas del BOLETÍN DEL INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA. Se refiere a restos de tortugas encontrados en la vía férrea del tren eléctrico de Barcelona a Sabadell, cerca del pueblo de San Quirce de Terrassa. Los ejemplares que describe constituyen un nuevo tipo de *Testudo* que no se relaciona filéticamente con ninguno de los conocidos del mioceno.

Sigue un estudio del Sr. Hereza acerca de los yacimientos de manganeso de Huelva en el que pone de manifiesto su relación genética con los célebres de pirita de la misma región, en armonía con sus teorías generales metalogénicas.

Deduces que las manifestaciones carbonatadas son cosas obligadas como expresión última de todo fenómeno meta-

logénico en su fase terminal, caracterizada por la combustión de hidrocarburos, acompañantes obligados de los magmas hipogénicos.

En cuanto a la parte puramente industrial, opina que la región de Huelva, no tanto por su presente como por su futuro probable, debe ser considerada como reserva mundial de menas de manganeso.

El Sr. Hereza es bien conocido entre los que de Metalogenia se ocupan, pues sus teorías sobre génesis de yacimientos metalíferos han sido ampliamente discutidas en el pasado Congreso Internacional de Geología y celebrada su erudición.

En el trabajo *La petrografía sideral* de Don José Meseguer, aparecen las investigaciones realizadas con los meteoritos. Además de poner de relieve ciertas texturas como la *condritica* desconocidas en nuestro globo, sirven para formar idea concreta de la unidad de constitución del cosmos.

La afición que al estudio y al trabajo tiene este joven ingeniero le harán llegar, si así continúa, a representar lucido papel entre los ingenieros de minas españoles.

El publicar en este tomo del BOLETÍN el estudio hidrogeológico de una parte de la cuenca miocena lacustre de la provincia de Guadalajara, no tiene mas objeto que hacer públicos algunos de los datos y referencias que contiene por si pudieran ser de utilidad algún día.

El Sr. Miláns del Bosch inicia una serie de escritos sobre *Geofísica aplicada*. En el que aparece en este tomo, trata del *Procedimiento magnético de prospección*. Describe el fundamento del método y de los variómetros adquiridos por el Instituto Geológico, así como la práctica de las operaciones de campo.

Avalora este trabajo ser el resultado de lo hecho por él

en unión de otros distinguidos ingenieros, en la cuenca potásica de Cataluña. Esas experiencias, unidas a las efectuadas por el método de prospección gravimétrica, utilizando la balanza de torsión Eötvös, también propiedad del Instituto, dieron lugar a un interesante trabajo de conjunto, presentado en el pasado Congreso Geológico Internacional, que mereció la aprobación de los congresistas de la Sección de Geofísica interesados en esta rama del saber, del que se deduce, una vez más, la utilidad práctica de estos procedimientos como métodos de prospección y de la gran ayuda que esta moderna ciencia está llamada a prestar a la Geología en general y a la minería.

Miláns está encargado en el Instituto Geológico del Laboratorio de Geofísica y es de los pocos ingenieros que hoy dominan la teoría y el manejo de esos instrumentos utilizados en la investigación de masas ocultas.

VICENTE KINDELAN

**CUENCA DE ESQUISTOS BITUMINOSOS**  
**DE**  
**RIBESALBES (CASTELLÓN)**

## **CUENCA DE ESQUISTOS BITUMINOSOS**

DE

## **RIBESALBES (CASTELLÓN)**

El interés que para España tiene la destilación de carbones, lignitos y pizarras queda manifiesto con saber que en 1922 se importaron aceites minerales de todas clases por valor de 117 millones de pesetas, suma que en el año 1925 habrá pasado de los 380 millones. Este aumento rápido de consumo se verifica del mismo modo en todos los países más adelantados con la diferencia esencial de que para nosotros casi todo el consumo es de importación, estando de este modo expuestos a los entorpecimientos del abastecimiento extranjero con riesgos industriales y políticos que pueden llegar a ser graves, pues todos los motores modernos, automóviles, vapores, aviación e instrumentos de guerra se mueven con petróleos o aceites minerales.

España, pues, tiene que resolver con precisión el problema de los combustibles líquidos por sus propios medios, a menos de seguir siendo feudataria del extranjero con un incremento anual de cerca de 50 millones de pesetas.

Los dos caminos de solución son: el descubrimiento de campos de petróleo, o la destilación de carbones, lignitos o esquistos. Hasta ahora los pocos sondeos realizados en España para la investigación de petróleos no han sido afortunados y esto hace que los estudios de destilación adquieran más importancia; en realidad los dos intentos, sondeos y destilaciones, deben ser alentados sin descanso, pues hay poco hecho en cualquiera de los dos sentidos y en cambio crecen rápidamente las necesidades de consumo. Aun acertando en las dos soluciones tardaríamos bastante tiempo en estar capacitados para abastecernos sin la importación (1).

Los años de la guerra con sus urgentes necesidades, han afinado la eficacia de los procedimientos de destilación y así se ha llegado a un principio fundamental que, como ocurre con frecuencia en la evolución de las industrias, es muy sencillo; consiste en deducir que para aumentar el alquitrán, base de los carburantes ligeros, conviene destilar a bajas temperaturas, llamando éstas las que no exceden de 600 a 700 grados. Sea alta o baja temperatura, los productos son siempre los mismos; alquitranes, aguas amoniacales, gases y cok o semi cok, escala en que alquitrán y gases son términos opuestos: a más temperatura, más gas y a menos, más alquitrán. Como ejemplaridad de la precisión de resolver este importante pro-

(1) Otra manera de resolver el problema de abastecimiento, si quiera en los períodos de guerra, se ocurre que sería acumular los aceites minerales durante la paz, pero este procedimiento, ya examinado por Alemania cuando era potencia militar, fué desechado por antieconómico, pues no se trata sólo de los depósitos ocultos o defendidos, sino las fábricas de afinado o productos derivados y el sistema de abastecimiento a lo largo de la costa, instalaciones todas ellas innecesarias e improductivas en tiempo de paz y que representan un capital enorme, retirado de la economía y reservas del país.

blema se ofrece lo ocurrido en Alemania durante la gran guerra. En una memoria hecha por los profesores Dr. F. Beyschlag, Dr. A. Böhm y Dr. E. Harbort de orden del Gobierno, (1) que sentía ya la angustia de la escasez de combustible ligero, exponen los autores como argumento principal para intensificar los estudios «Ya en lo que va de guerra hemos sentido la gran dificultad para la provisión de productos derivados del petróleo; sería una catástrofe si no pudiésemos atender a las necesidades de nuestra industria y llegara el día en que no obtuviéramos aceite mineral de Rusia ni de Rumanía» y en efecto ese día llegó y la catástrofe sobrevino, pues según el Dr. E. Harbort, uno de los principales motivos de la pérdida de la guerra por los alemanes fué la falta de petróleo por imposibilidad de abastecer a los submarinos.

Es indudable que si se ha de llevar de un modo sistemático el estudio, y ha de ser este práctico, se necesita, ante todo, una catalogación de ordenados estudios geológicos y una instalación para ensayos industriales, ya solicitada de los poderes públicos en 1921 por el eminente Ingeniero D. César Rubio, Director en aquel tiempo del Instituto Geológico de España. En esta pequeña fábrica, punto preciso de partida del plan de destilaciones nacionales, se empezaría por una revisión de resultados de rocas bituminosas, los análisis de los cuales están hoy desperdigados en diferentes publicaciones, sin condiciones de garantía en la mayoría de los casos y fuera del punto de vista industrial.

No se llegó a realizar esta instalación, pero para suplir

(1) Über die Möglichkeit und Notwendigkeit einer Versorgung des Deutschen Reiches mit Mineralölen aus inländischen bituminösen Gesteinen. Berlin 1915.

en parte esa falta de análisis que ofrecieran las debidas garantías, se efectuaron éstos en la Universidad técnica de Berlín, con muestras recogidas en los diversos criaderos más o menos estudiados, hasta aquella fecha, por el Instituto Geológico de España, dando el resultado siguiente:



PROCEDEN- CIA	CARÁCTER	CALORÍAS	CONTENIDO EN ALQUITRÁN	GAS. LITROS EN KG.	NITRÓGENO	AZUFRE	CENIZAS
España	Lignito	4.800	4,8 °	76	0,7 °	7,8 °	13,50 %
Id.	Id.	6.220	1,3	»	1,1	7,2	12,36
Id.	Id.	6.410	3,9	»	0,96	6,9	12,78
Sabero	Antracita	6.900	trazas	25	1,10	1,0	8,30
T. de León	Id.	6.700	id.	21	0,8	0,96	9,8
Alcalá la Real. Jaén	Lignito	7.200	»	4,8	0,85	1,24	12,00
Jura.	Id.	5.000	5	54	0,8	5,6	19,20
Utrillas	Cretáceo						
Turón	Hulla	7.940	14,70	17	1,2	1,4	3,00
Id.	Id.	7.850	15,00	200	1,2	1,9	4,20
Id.	Id.	7.200	2,7	62	1,3	2,6	6,8
Puertollano	Pizarras bi- tuminosas	1.000	24,00	33,8	0,3	1,4	»
Id.	Id.	»	14,5	37,0	»	»	»
Id.	Id.	»	13,7	38,36	»	»	»
Sabero	Id	7.350	trazas	22,00	1,30	2,50	9,9
Id	Id	7.750	2,00	»	1,30	2,8	4,0
Santibáñez (León)	Antracita	6.600	trazas	20,00	»	0,9	10,7
Moreda (Asturias)	Hulla	7.600	Id	100,00	0,5	0,8	6,00
Ribesalbes (Castellón)	Pizarras	950	7,3	45,00	0,1	3,00	73,00
Id.	Id.	»	14,00	28,00	0,2	2,4	75,00
Id.	Id.	»	8,8 a 10 T.	28,00	»	»	»
Rubielos	Id.	1.500	11,5	47,00	0,2	2,3	67,3
Id.	Lignitos	5.150	17,2	120,00	0,7	3,4	13,4
F. García	Id.	3.000	3,5	60,00	»	»	»
Id.	Piropirita	4.000	27,00	75,00	»	»	»
Id.	Id.	»	25,00	»	»	»	»

Siendo, por lo tanto, pobres en general los carbones de Turón y ricos en productos parafínicos los esquistos y carbones de Rubielos; enormemente ricos en estos aceites los de Fuente García y muy ricos en aceites también los esquistos de Puertollano. Como hulla, las de Turón pueden pasar como de las más ricas de Europa a estos efectos, y los esquistos de Puertollano y lignitos de la Coruña como excepcionales. En efecto y refiriéndonos a los esquistos de Puertollano que rinden un promedio de unos 16 % de alquitrán de excelente calidad, no cabe compararlos con los de Escocia que rinden 10 %, los de Autun que rinden 8 %, y los alemanes (esquistos con posidonias) que rinden 3 y medio %, cuyos materiales son los que en Europa alimentan principalmente las destilerías de esta clase.

Se podría cubrir más que ampliamente las necesidades del consumo y aun cerca de un 50 por 100 más, desarrollando destilerías cuyo capital global de instalación sería sensiblemente igual al que anualmente se paga al extranjero por la introducción de alquitrán; y aun cuando no figure en esas cifras globales el valor de la materia prima, carbón o esquisto, que fuese necesario adquirir de las minas, este valor está más que compensado con el de los subproductos.

Cabe por lo tanto estudiar si la perspectiva de poder poner de ese modo en breve plazo, a la Nación, a cubierto de cualquier entorpecimiento en el actual abastecimiento extranjero, para la industria y defensa nacional, no compensaría ampliamente el gravamen que pudiera imponerse al Estado ayudando a dicha industria con una garantía de interés a las instalaciones de estas destilerías y sin perjuicio, por supuesto, de seguir desarrollando el plan de investigación de mantos petrolíferos cuyo descu-

brimiento si a ello se llegara habría de completar la independencia industrial de la Nación en todos los órdenes y muy especialmente en el de defensa nacional, con especialidad para las necesidades futuras, y seguramente crecientes, de esta clase de combustibles para el tráfico marítimo y marina de guerra.

Consecuencia de aquel plan trazado es este estudio sobre los esquistos modernos de Ribesalbes, con un contenido de 12-14 % de aceite.

Daremos, en primer lugar, una nota sintética de los criaderos, que sirva de orientación general a todos y baste para los que deseen un ligero conocimiento y, a continuación, la descripción detallada de los criaderos y su geología.

## NOTA SINTÉTICA

Todos los isleos terciarios que contienen los yacimientos están comprendidos en los Ayuntamientos de Ribesalbes, Onda y Fanzara, subordinados a la cuenca del Mijares y distan unos 30 kilómetros al oeste de la capital de la provincia.

Las capas de esquistos impregnados de aceite que constituyen el criadero, están contenidas, como término litológico normal, dentro de unas manchas estrechas y alargadas de terreno oligoceno, limitadas en todos sus bordes por el cretáceo inferior (aptiense) que forma el fondo de toda la región.

Aunque poco pronunciada, hay discordancia entre el cretáceo y los isleos terciarios lagunares que sobre ellos se depositaron; posteriormente el conjunto de estratos, cretáceo y terciario, fueron plegados juntos al final de los movimientos pirenaicos.

Los isleos oligocenos son cuatro muy uniformes de presentación. Todos están comprendidos en unos 6 kilómetros de ancho (E.-O.) y otros tantos de largo (N.-S.). Lám. 1.

Los estratos son delgados, salvo en los grupos arcillosos, la dirección algo al NE. y su buzamiento isoclinal al Este. El tramo superior es de capas tableadas, el inferior es arcilloso. (Véase corte, fig. 1.<sup>a</sup>).

**Criaderos.**—Las cuatro cuencas oligocenas, particularmente en sus tramos de margas tableadas, tienen mayor o menor impregnación y producen fetidez a la percusión, pero como yacimientos aprovechables sólo consideraremos las capas de margas muy fisibles, rayadas por las secciones de las disodilas, que son láminas lignitíferas de color tabaco con espesores de uno a dos milímetros, y que contienen hasta el 15 % de impregnación.

Sin embargo, el conjunto de la capa disodílica oscila del 8 al 10 % y se puede verificar *in situ*, porque arde a la llama del candil.

**Cuenca de Ribesalbes.**—Es conocida desde 1894 y sobre sus capas de esquistos se han llevado todos los reconocimientos, así como los intentos y fracasos de explotación por destilación empleando retortas escocesas (6 ms.) a temperaturas elevadas y sin aprovechamiento de sulfato amónico.

El haz productivo tendrá unos 100 metros de potencia y en él se mezclan los esquistos (margas tableadas) impregnados (2 al 5 %), con las láminas disodílicas de color tabaco que llegan al 15 %.

El grupo de esquistos, en los que la concentración de estas láminas es mayor, hasta dar en conjunto una roca del 8 al 10 % se llama una capa, denominación que es exacta en el sentido estratigráfico, pero que no representa horizonte completamente fijo, sino que en prolongación cambia la proporción de láminas disodílicas y por consecuencia la impregnación. Sin embargo como la variabilidad no es repentina, siempre es una buena guía marchar por las capas emboquilladas.

En la cuenca de Ribesalbes se pueden admitir 4 capas que adquieren un desnivel sobre el río de unos 70 m. Su

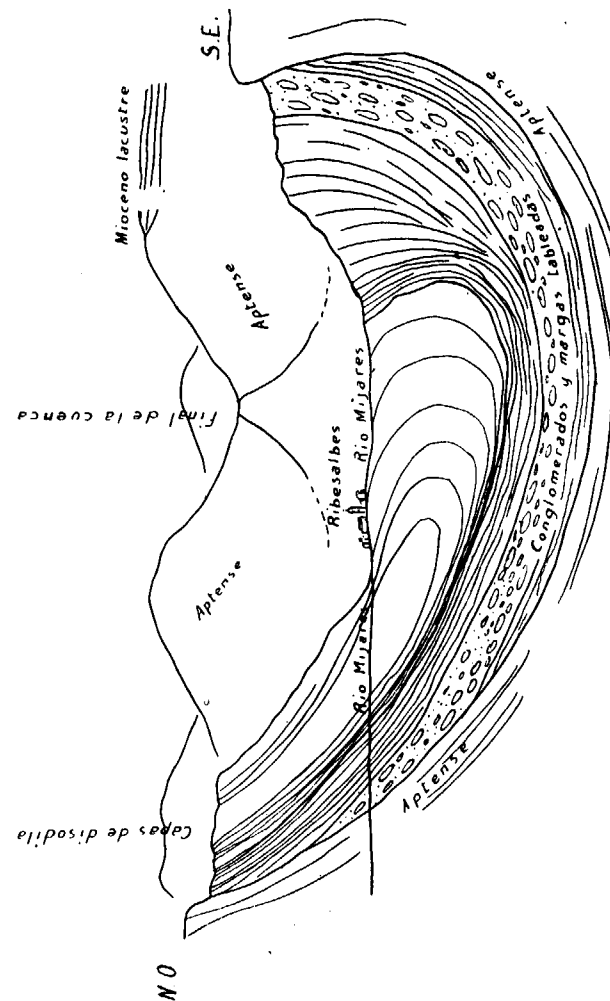


Fig. 1.—Corte de la cuenca oligocena de Ribesalbes.

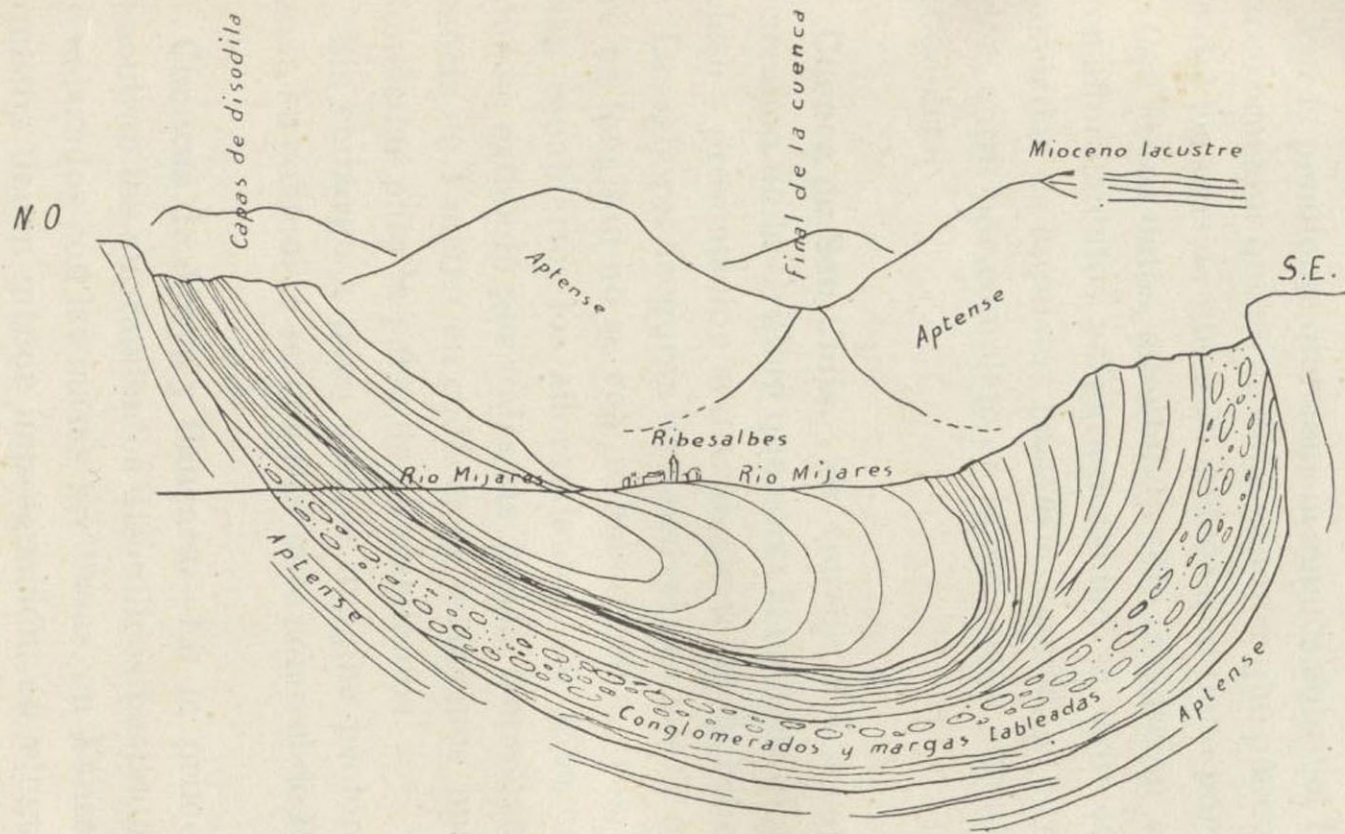


Fig. 1.—Corte de la cuenca oligocena de Ribesalbes.

potencia será de 2 metros en las dos orientales y 1 en cada una de las occidentales, total 6 metros de potencia. La longitud vista de estos afloramientos será de un kilómetro, el largo total de la cuenca, en el resto de la cual faltan reconocimientos, alcanzará hasta 4 kilómetros.

Por la pendiente que tiene la cuenca sobre el fondo cretáceo creemos que no se debe suponer que penetre por bajo del río más de otros 70 metros que tiene por encima.

Con estos datos, adoptando sólo la porción en que se ven afloramientos, y 2 para densidad, se deducen 1.500.000 toneladas de esquistos para esta cuenca, y cuya cubicación, entra por completo en la concesión vigente llamada «Concha».

**Cuenca de San Chils.**—Se ven de 2 a 4 capas en el barranco de la Grillera que corta la mancha oligocena. La clase y presentación son análogas a las de Ribesalbes.

Las labores aseguran un desnivel de unos 60 metros, pero en longitud no se ven en más de 80 metros, pues quedan recubiertos los afloramientos por toba cuaternaria que se extiende por todas las lomas. Suponiendo la potencia en 1 metro en cada capa tendremos unas 200.000 toneladas para la parte de afloramientos.

Sin embargo a poco que se imagine prolongada esta zona su contenido sería tan grande como el de Ribesalbes.

**Cuencas de Araya y Fanzara.**—En la primera se encuentran los afloramientos disodílicos bastante alterados y enlazados con las masas arcillosas, en Fanzara los esquistos tienen menor impregnación; en ninguno de los dos casos se puede intentar una cubicación de mineral a la vista.

**Resumen de la cubicación.**—Reduciéndonos al mineral del 8 al 10 % de impregnación se pueden suponer unos 3.000.000 de toneladas de esquistos aflorando en distintos sitios.

Si se pudiese aprovechar mineral del 3 al 5 % de aceite la cifra de la cubicación resultaría por lo menos 3 veces mayor.

## ESTUDIO GEOLÓGICO DE LOS CRIADEROS

Geológicamente todas las pequeñas cuencas terciarias que vamos a estudiar están comprendidas sobre el gran sinclinal cretáceo que se dibuja en el Mapa geológico de Castellón, por los asomos del triás inferior, desde Ludiente a Lucena del Cid.

Hidrográficamente todos los pequeños isleos están subordinados a la cuenca del Mijares o a sus afluentes de San Chils y Argelita. Esta dependencia respecto a las cuencas viene a ser la misma que marcan las líneas orográficas descendiendo continuamente desde Peñagolosa y Peña Calva hasta las Llanuras de la Plana de Castellón.

Los terrenos geológicos descubiertos son: infracretáceo (aptiense), el oligoceno con las capas disodílicas, el mioceno y el cuaternario.

Es cretáceo inferior todo el fondo del terreno representado por plegamientos bien pronunciados, aunque no violentos que, en concordancia con la orografía, suelen ofrecer los altos en anticlinales, coincidiendo las depresiones y barrancos con los sinclinales y en estas depresiones es en las que con frecuencia se alojan las cuencas disodílicas.

El orden estratigráfico del aptiense parece ser el siguiente: como estratos más profundos se encuentran unas areniscas, descubiertas en los barrancos de Argelita y que hacia el O. (Peña Calva, etc.) están bien desarrolladas y contienen *Orbitolina lenticularis*; sobre estas areniscas encontramos, en un anticlinal de Argelita, unas tongadas de arcilla y arena en las que dominan los tonos rojos y blanco, lo que las hace muy llamativas. Sobre estas tongadas, con una potencia de 2 a 8 m. hay una caliza par-da y de grano basto, algo sabulosa, que contiene artejos de crinoides y *Orbitolina conoidea*; y a esta roca se superpone, en gruesos bancos, la caliza de *Ostreas* y otras veces, como en el alto de las Estañas, alternan antes algunos bancos de margas glauconiosas. Por fin el tramo superior que vemos del infracretáceo es la caliza gris de *Ostrea Boussingaulti* que representa la totalidad de las lomas que no estén enmascaradas con los estratos terciarios o las formaciones cuaternarias. Esta caliza gris y potente es la más característica del aptiense marino de Teruel y Castellón. Sus bancos son compactos con espesores hasta de 20 metros y su tono, aun más gris por la flora microscópica adherida a sus crestones, evidencia desde lejos la presencia de los pliegues cretáceos que se extienden en manchas indefinidas.

El fósil característico es la *Ostrea Boussingaulti*, d'Orb. que es muy abundante y muy conocida en los pueblos de esta zona con los nombres gráficos de oreja de moro o judío, parte del cuerpo que en efecto recuerda; aunque menos frecuente, también se encuentra en la caliza la *Orbitolina conoidea*.

**Terreno terciario.**—Según puede verse en el plano, todo el terreno moderno reconocido se ha reducido a pe-

queños isleos, alargados y paralelos con su rumbo casi N.-S. que aparecen pinzados en los pliegues sinclinales del infracretáceo. Estas pequeñas manchas, plegadas con el secundario, las consideramos de edad oligocena, según razonaremos y serán descritas con detalle, puesto que contienen los criaderos, pero al mismo tiempo debe de citarse aquí otra pequeña mancha de caliza miocena colocada horizontalmente en discordancia con los estratos cretáceos y oligocenos que hemos visto sobre La Balsa de Fanzara.

Todo el oligoceno reconocido parece tener dos tramos: uno inferior bastante arcilloso y frecuentemente acompañado de yesos y el superior de margas claras y tableadas, con olor fétido a la percusión y que son las que encierran los horizontes productivos. El manchón mioceno de los altos de Fanzara sólo consta de una caliza horizontal blanca y poco potente con gasterópodos pulmonados.

**Cuaternario.**— Dos son las presentaciones que este terreno, modernísimo, ofrece en la comarca de los criaderos. La más general y extendida es en forma de costra travertínica cubriendo tanto la caliza aptiense como las formaciones terciarias y con espesores, que, como subordinadas a las aguas que las han formado, aumentan en las depresiones y se van adelgazando a medida que se sube en la ladera, hasta desaparecer por adelgazamiento. Esta caliza es muy general en todo el levante de España y tiene un tono blanquecino con bandas y concentraciones de color rojo, recordando con frecuencia el aspecto y la textura de las formaciones lateríticas de las bauxitas.

Merece citarse entre las formaciones cuaternarias un cordón de grandes bloques de rocas cretáceas extendidos en desorden de Este a Oeste sobre el yacimiento de La Rinconada, desde el pueblo de Ribesalbes, en la esquina



de la calle de Angín, hasta pasado el Cementerio que asienta en esta formación.

La roca en conjunto es una pudinga de elementos ciclópeos con potencia que llegará de 20 a 40 metros y que puede apreciarse en la fotografía adjunta (fig. 2) en la parte de la derecha (Este).

El origen de esta acumulación de bloques pudo estar en el hundimiento de la caliza aptiense en su rama occidental por la intensa erosión de las arcillas terciarias sobre que se apoya el borde oriental de la cuenca, en pliegue acostado.

Por fin al cuaternario (diluvial) corresponden también los aluviones secos que forman el suelo del barrio de las fábricas (Castillo) y que representan la intensa actividad del antiguo río.



Fig. 2. La Rinconada, con el cordón cuaternario de bloques a la derecha.



Fig. 3. Retorta escocesa de 6 metros de altura.



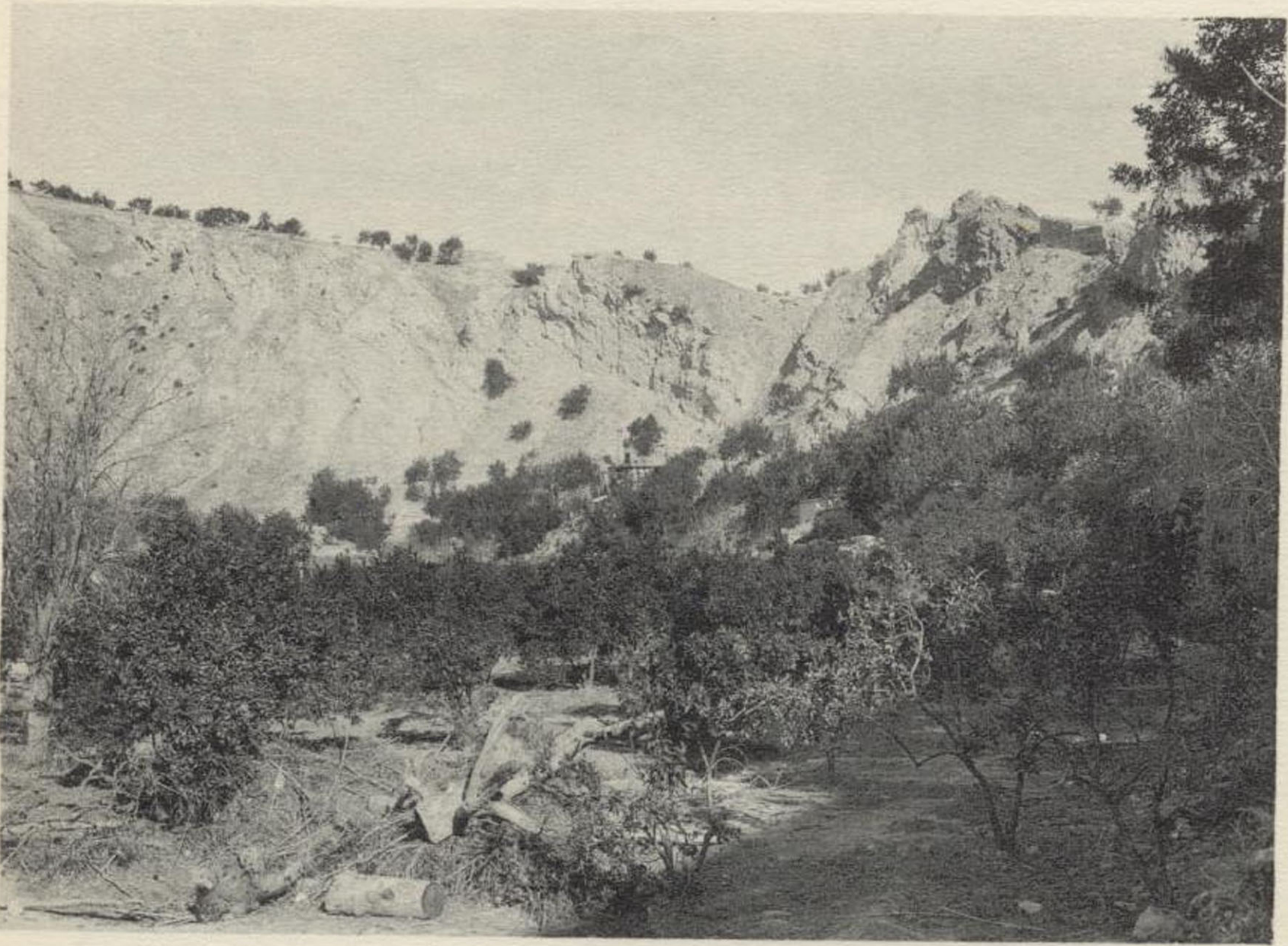


Fig. 2. La Rinconada, con el cordón cuaternario de bloques a la derecha.

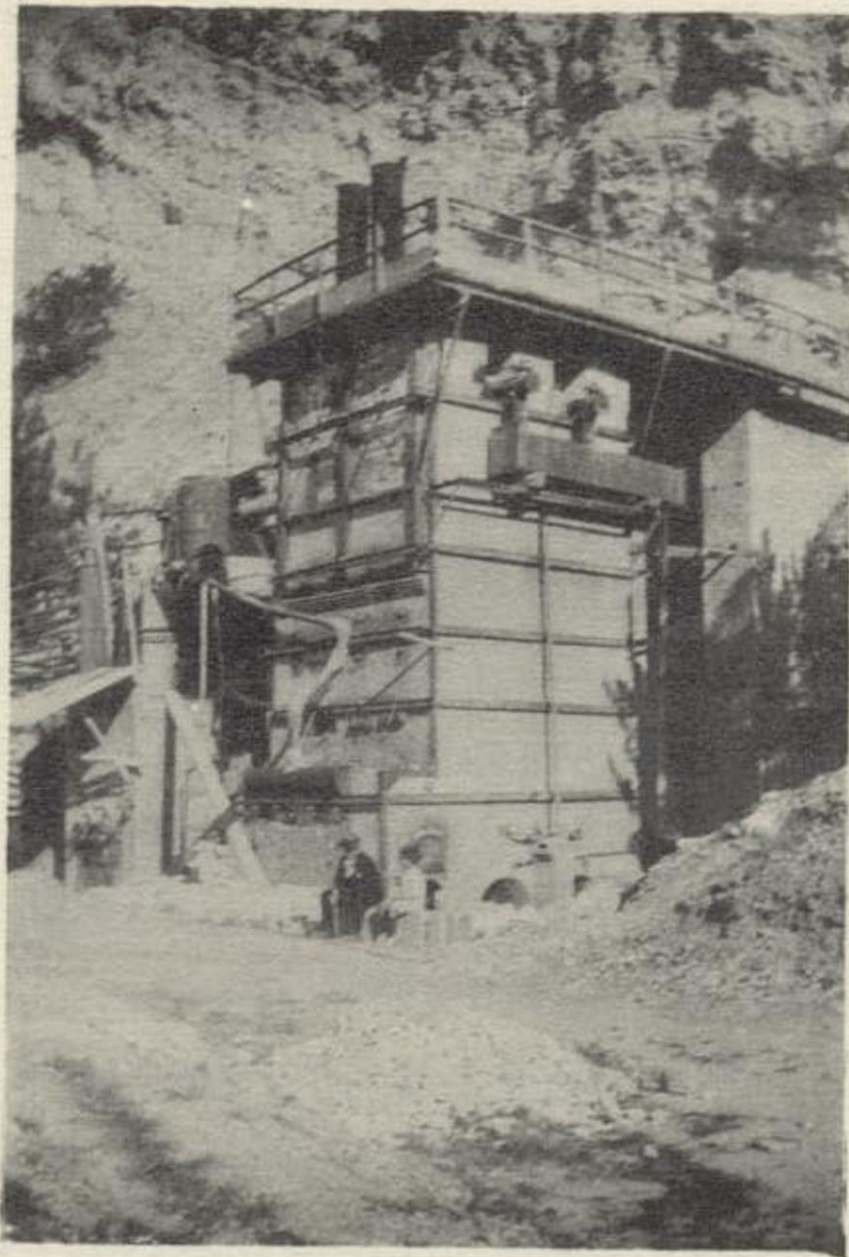


Fig. 3. Retorta escocesa de 6 metros de altura.



## **FORMACIONES CUATERNARIAS**

La erosión por las aguas meteóricas toma una forma intermitente en esta zona de Levante y hemos podido comprobar esta afirmación al hacer un recorrido largo por el río Mijares días después de una intensa riada (febrero de 1923); los derrumbamientos de rocas fueron grandísimos, particularmente en los terrenos más flojos, como son los modernos o parte del triás. La enorme corriente formada por la crecida rápida de los cursos de agua se cargaba así de tierras y cantos que la aumentaban notablemente en su poder destructivo, particularmente en los estrechamientos, donde era mayor la velocidad; pero cuando las aguas alcanzaban un ensanchamiento o curva amplia que las hacía remansar, aunque fuese ligeramente en su marcha, se producía instantáneamente un depósito de elementos de aluvión que aumentaba los antiguos cúmulos de cantos rodados del cauce o caían sobre márgenes llanos, dedicadas antes al cultivo, que quedaban ahora como terrenos pedregosos y estériles. Por este mecanismo repetido con intermitencias, pero de una manera constante, se van incrementando los aluviones actuales y así

se formaron los antiguos que se extienden por ejemplo, desde la Rinconada hacia el Sur, coronando el meandro en que asientan las Casillas y enmascarando por completo las prolongaciones meridionales de los estratos de la Rinconada.

El aluvión que acabamos de describir, como depósito cuaternario y actual, tiene su equivalente terrígeno en las calizas tobáceas de las depresiones y altiplanicies que, de un modo idéntico aunque en menor proporción, reciben la abundancia de aguas meteóricas con intermitencias, y como son calcáreas todas las laderas por donde resbala, se produce remoción del carbonato, que emigra de las calizas aptienses a los mantos de la llanura, conducido por las aguas activas en forma de bicarbonato, y así, en un proceso algo laterítico, se va haciendo la caliza cuaternaria, muchas veces brechoide, cuando cimenta detritus esquinudos, y con frecuencia de formas estalactíticas, como corresponde a formaciones debidas a la circulación de las aguas.

**Cuenca de Ribesalbes.**—Estos criaderos fueron citados por primera vez en los Anales de Historia Natural, en 1799. Después se hace mención de ellos, por el Sr. Villanova, en su memoria descriptiva de la provincia de Castellón, publicada en 1859, por la Real Academia de Ciencias, incluyéndolos en el cretáceo. Los verdaderos descubridores en el sentido industrial, fueron D. Antonio Ruiz, de Ribesalbes, y el Maestro Sr. Villalba, quien inició una destilación rudimentaria hacia el año 1892. Como minas fueron denunciadas en 1894, por el Vice Consul inglés en Castellón D. Augusto Stubbs, de la Sociedad Geológica de Francia, quien hizo un detenido estudio del yacimiento, montando para la destilación del mineral una retorta es-

cocesa vertical (fig. 3) de 6 m. de altura, que ha sido recientemente trasladada a Puertollano.

Posteriormente, hacia el año 1904, se constituyeron dos sociedades inglesas "Castellón Oil Company" que explotó el yacimiento de Ribesalbes, y "Spanish Mining Syndicate" que arrancaba la mena en San Chils, ambas con gran capital inicial que consumieron, en su totalidad o en gran parte, en magníficas instalaciones, sin que los resultados prácticos correspondieran a los sacrificios realizados.

Quedó paralizado todo durante los años de la guerra, en los cuales el Sr. Stubbs intentó también algunos trabajos, hasta que en 1918 fueron arrendadas las minas por la Sociedad Comercial e Industrial Española, que tampoco ha sido más afortunada que los anteriores y tiene en la actualidad paralizados los trabajos.

La cuenca que puede llamarse propiamente de Ribesalbes se extiende en isleo muy alargado desde este pueblo hasta los altos que separan este Ayuntamiento de los términos de Onda al E. y del de Alcora al N.

La forma del isleo, según puede apreciarse en el mapa, es bastante alargada (2.500 por 700 metros) y termina al Norte en tres colas, una hacia el alto de la Contadora, otra llega hasta la Balsa de Fanzara y la más occidental se interna en el barranco de Las Estañaes.

El único sitio llamativo del criadero es el más meridional, conocido por La Rinconada, haciendo frente, con un escarpe casi vertical, a un meandro violento del río Mijares; este corte según puede apreciarse en la fotografía (fig. 4), se destaca en blanco sobre el tono pardo gris de la caliza infracretácea, cuyo borde occidental está en contacto con el criadero. El ancho de este corte será de unos 100 metros y el alto de 80 metros y representa el

verdadero fundamento de las minas, pues fuera de este macizo la cuenca se envasa en el fondo de los barrancos y no vuelven a verse bien las capas disodílicas. Al hacer las consideraciones mineras sobre el criadero volveremos sobre la morfología de esta barrera de estratos terciarios, hasta llegar a cifras de cubicación.

Cuadra aquí un corte sucinto de los estratos terciarios, puesto que tanto al Norte como al Sur, apesar de su disposición bastante levantada, se enrasan con las depresiones del terreno y quedan cubiertos con las formaciones cuaternarias.

Todo el paquete terciario está bastante levantado y es isooclinal hacia el E. SE.

**Corte.** —El borde cretáceo occidental se aprecia perfectamente, mirando a la Rinconada, pues la caliza aptiense, maciza y de tono pardo, se levanta para formar un anticlinal hacia el Oeste. La primera roca que se encuentra, marchando a levante, en el corte de la Rinconada, es una pudinga arcillosa, como unión entre las calizas secundarias y las margas oligocenas, disposición del contacto marcado en toda la altura, por una roca ya confusa, como es la pudinga arcillosa, que disimula la discordancia angular entre los dos terrenos: infracretáceo y oligoceno.

En esta parte occidental y antes de empezar las margas tableadas, dominan las arcillas, con el mismo tono pajizo amarillento de todo el oligoceno; estas margas suelen contener cristales completos, hasta de varios centímetros, de yeso en forma algo deprimida (m. g. a. *Lapparent*).

Desde las arcillas y en más de 100 metros al Este, se levanta el haz de margas amarillentas, casi blancas, tableadas, que es el que contiene hasta cuatro capas disodílicas



Fig. 4. Acantilado de capas terciarias conocido por La Rinconada.

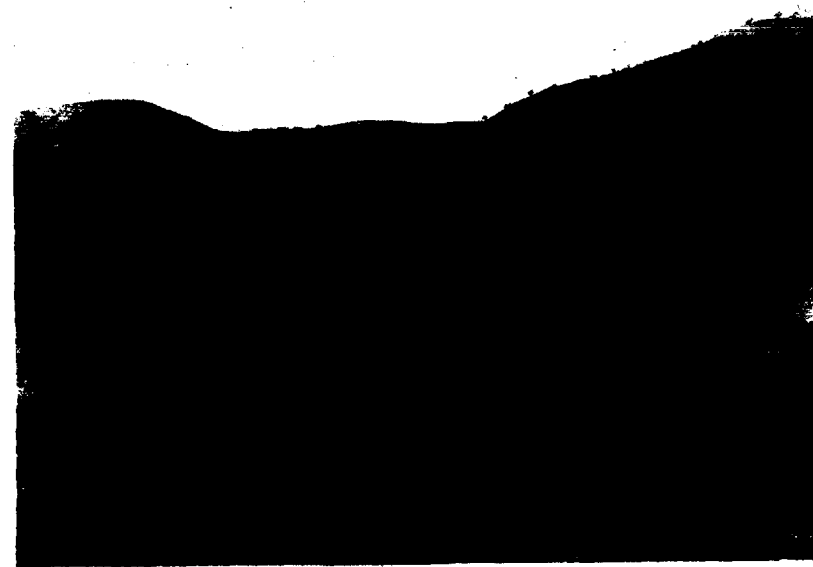


Fig. 5. Sitio del río Mijares por donde pasa la prolongación Sur de las capas disodílicas. A la derecha (Norte) La Rinconada; al fondo (Oeste) el borde aptiense.





Fig. 4. Acantilado de capas terciarias conocido por La Rinconada.

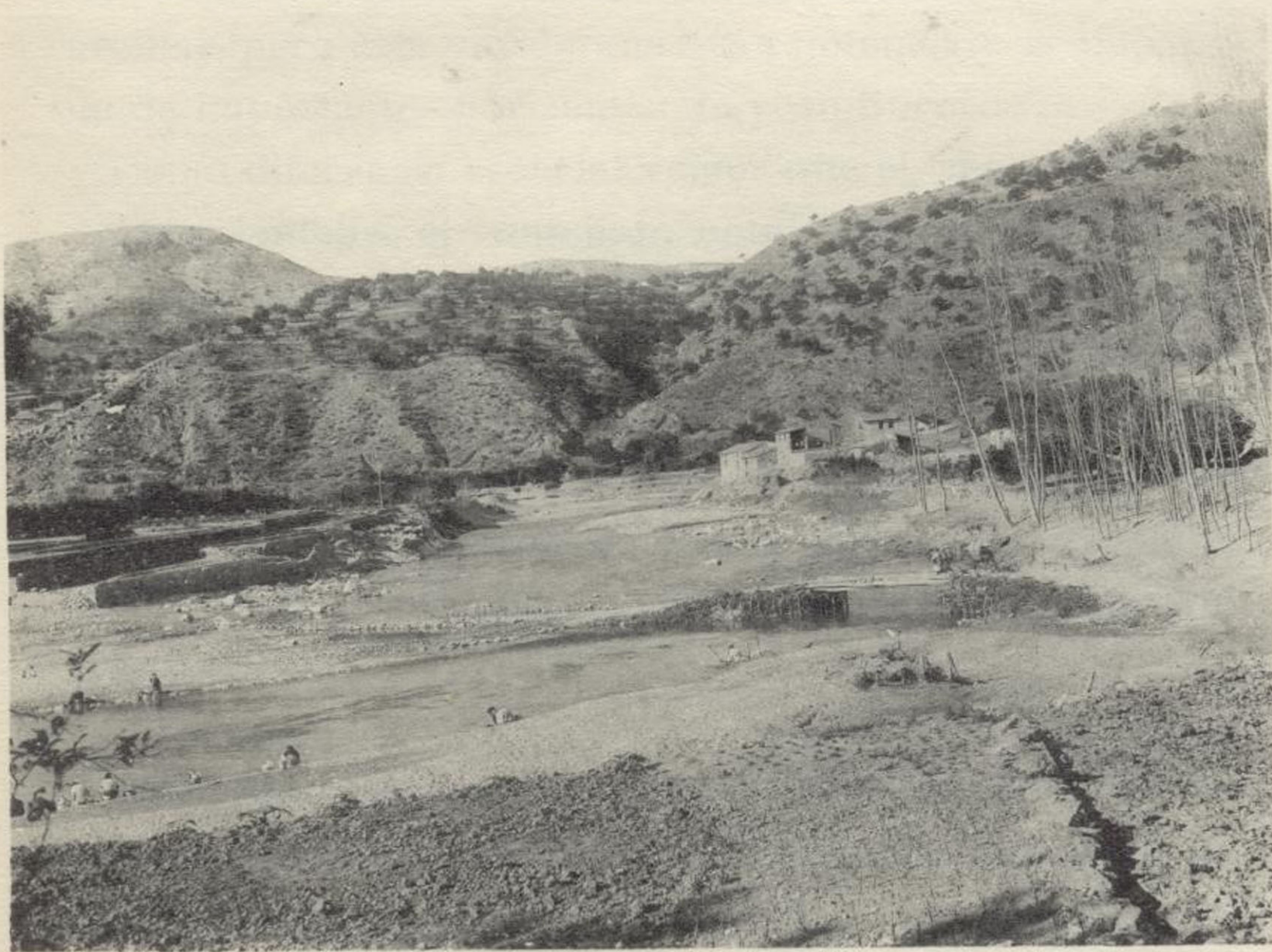


Fig. 5. Sitio del rio Mijares por donde pasa la prolongación Sur de las capas disodilicas. A la derecha (Norte) La Rinconada; al fondo (Oeste) el borde aptiense.



con potencias de 1 a 2 metros y todos los detalles de los cuales quedarán apreciados en la parte minera de Ribesalbes. Este escarpe de la Rinconada, que llega hasta las casas del pueblo, está cubierto en la parte alta, desde la altura del cementerio por la formación horizontal desordenada de la pudinga cretácea, la cual ha sido causa de que geólogos distinguidos hayan equivocado la clasificación de las margas petrolíferas atribuyéndolas al infracretáceo, por el encuentro, en la parte alta, de ostreas u orbitolinas.

El pueblo de Ribesalbes, más a saliente, está fundado sobre otro paquete de margas, análogas a las de la mina, pero en las que no se ha encontrado horizontes disodílicos de importancia; todas estas margas del pliegue dan olor fétido a la percusión.

Por fin, en la parte más oriental de la cuenca, desde el barrio de las Ollerías, se termina el sinclinal otra vez con arcillas, pero esta vez de una gran potencia y acompañada de importantes horizontes de yeso fibroso.

Como diferencia esencial vemos que el yeso de las arcillas orientales, el contenido entre las grandes canteras de arcillas plásticas, tiene casi siempre presentación fibroso-radiada, cuyas fibras son normales a la veta que las contiene. Por el contrario los yesos que hemos encontrado en las delgadas arcillas de la parte occidental son cristales completos monoclinicos de aristas biseladas, de tres a cuatro centímetros en su mayor dimensión y muy transparentes.

**Prolongación meridional de La Rinconada.**—Los estratos oligocenos, como relativamente blandos, habrán sufrido grandes erosiones y esto unido a que las rocas cuaternarias, aluviones y manto calizo de las llanuras, ocu-

pan las depresiones topográficas, se deduce de un modo lógico que es únicamente en las subidas hacia la sierra donde pueden estar descubiertas las prolongaciones de las cuencas terciarias (figs. 5 y 6).

Así ocurre que las capas del haz productivo de la Rinconada quedan ocultas en su mayor parte hacia el Sur por bajo de los aluviones actuales del río o los antiguos secos, colocados sobre las márgenes.

Los estratos del haz productivo pasan el río con una anchura de 150 a 200 metros y arrumbados de NO. a SE. llegan a formar el acantilado en que descansa el barrio de San Lorenzo o de las fábricas, y en el cual se descubren perfectamente las margas tableadas color barquillo que buzan hacia los cuadrantes del E. como las de la Rinconada. Puede decirse que este punto es el último en que se ven las margas terciarias, pues al otro lado de la lengua de tierra, es decir en su parte Sur, ya los depósitos cuaternarios de aluvión, testigos del antiguo cauce y violentas avenidas del Mijares, enmascaran por completo los estratos inferiores que sin duda continúan asomando ligeramente por la Casilla de la Presa para ocultarse definitivamente bajo los materiales diluviales de los montes del término de Onda.

**Prolongaciones septentrionales.**—Para encontrar los testimonios de la antigua posición de la cuenca hay que ascender hacia la sierra por los vallecitos que bajan al Mijares, por detrás de la Rinconada, y de este modo se siguen, descubiertas a trechos, hasta la altura, las colas en que termina la cuenca, sin que sea raro descubrir el desborde hacia la vertiente opuesta.

En el pueblo de Ribesalbes se encuentra la mayor anchura de la mancha terciaria, abarcando cerca de 1.000



Fig. 6. Llanura del meandro del Mijares conteniendo el final Sur de la cuenca.



Fig. 7. Caliza horizontal, que suponemos pontiense, en el sitio denominado Balsas de Fanzara.



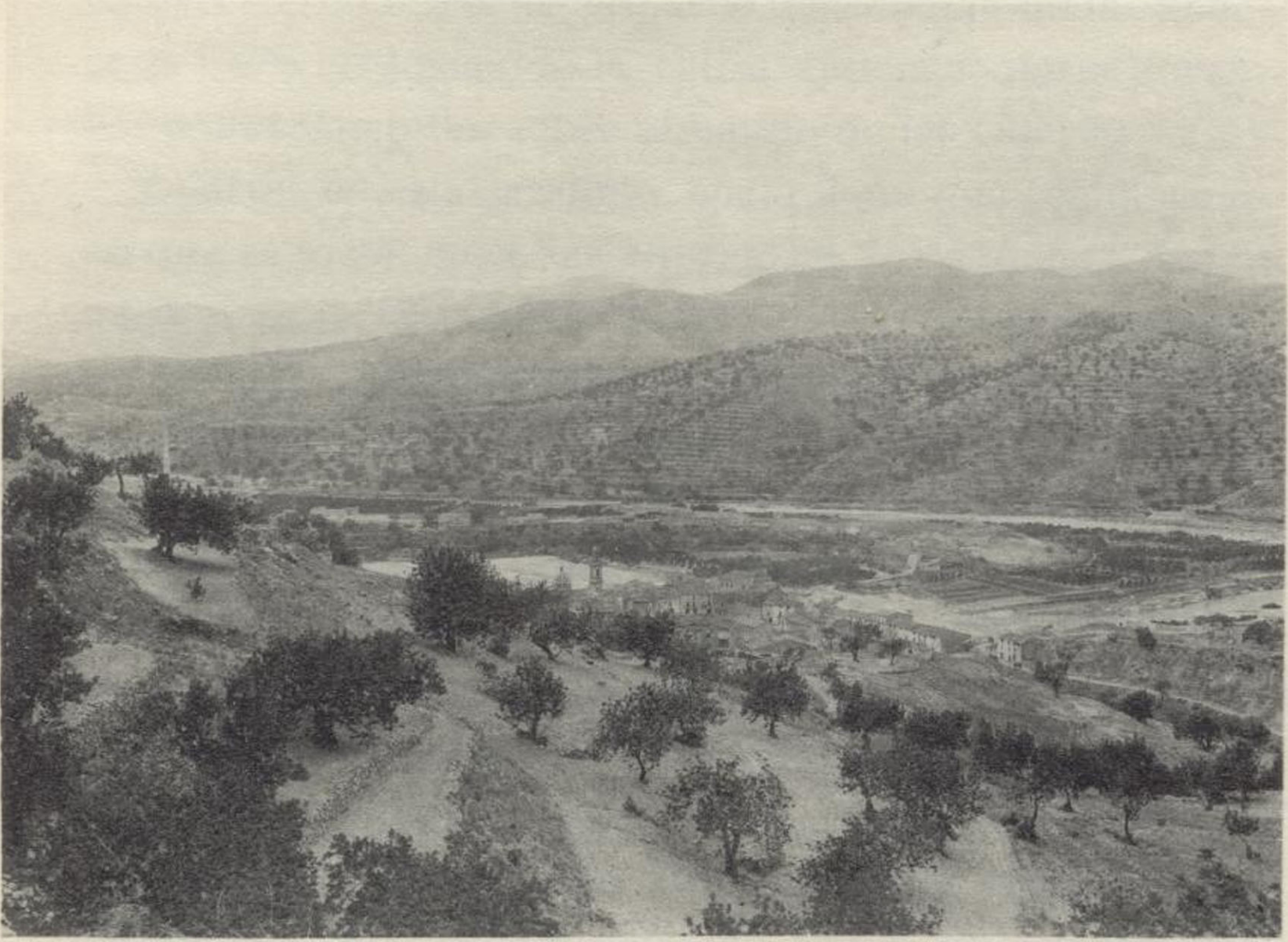


Fig. 6. Llanura del meandro del Mijares conteniendo el final Sur de la cuenca.

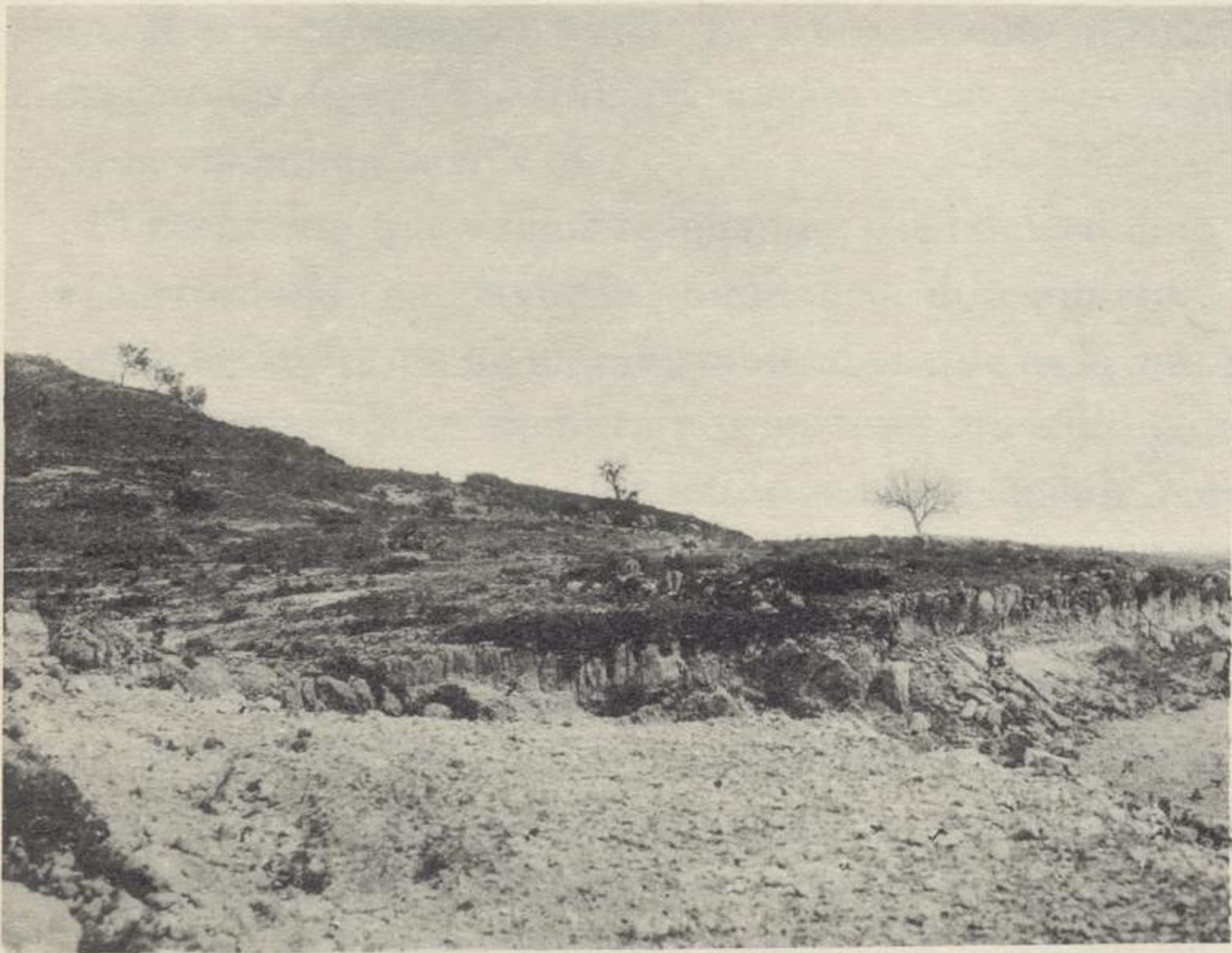


Fig. 7. Caliza horizontal, que suponemos pontiense, en el sitio denominado Balsas de Fanzara.



metros, desde el borde cretáceo occidental de la Rinconada hasta las lomas de la caliza aptiense que se levantan por el Campillo, sobre el barrio de las Ollerías.

A partir de esta sección y cualquiera que sea el camino que se tome, hacia las alturas del Norte, que es donde nace el valle, se van encontrando los estratos modernos. Las arcillas asoman en la prolongación de los extremos, según hemos visto en el corte; las occidentales, con cristales monoclinicos, se ven en el fondo del barranco, por bajo del Cementerio, y en las Ollerías hasta la Fuente de Bruno, donde suelen enlazarse a manchas de sulfato de alúmina, mientras que las orientales, mucho más potentes con sus yesos fibrosos, sirven de apoyo y primera materia a las fábricas de cerámica del barrio de las Ollerías. Las margas tableadas centrales, que contienen las disodilas y parecen corresponder con el eje del sinclinal, se encuentran varias veces en el barranco por bajo del cementerio con rumbo N. 30° E. y buzamiento al SE.; las direcciones hasta Els Guixars varían poco, pero alguna vez se disponen casi N.-S.

El recorrido que vamos reseñando, es el del camino de la sierra donde es mayor la abundancia de esquistos, los cuales en su forma de margas tableadas, que es la más general, se distinguen siempre por su tono amarillo pajizo, sonido algo campanil y olor fétido a la percusión, carácter el más decisivo y general para las margas, y quizás debido a su desprendimiento de fosfuros de hidrógeno.

Hacia la llamada fuente de Bruno, se encuentran capas disodílicas dividiéndose finamente entre las margas fétidas. En Els Guixars (310) se empezó un sondeo sobre las margas tableadas que continúan buzando al E.; las margas que asoman en el Barranquet, análogas a éstas, no tienen más variación sino contener pequeñas geodas tapizadas

con calcitas en *diente de perro* y señales como de *ripple mark* en su superficie, en la que con frecuencia se encuentran también pequeños huecos de cristales de yeso desaparecidos.

Más adelante, con el mismo rumbo, se ofrecen las margas bastante verticales; ya en este último tercio la anchura de la cuenca no excederá de 200 m., de borde a borde.

Las *Ostreas Boussingaulti*, D' Orb. son abundantes en los bordes cretáceos de Ribesalbes, sobre Els Guixars y en todo el recorrido hasta el alto de la Sierra, se encuentran caídas de las calizas que forman a lo largo los bordes cretáceos.

También hemos encontrado en varios bordes *Cardium* y *Natica*.

Hasta llegar al Corral de Carri se vuelven a descubrir varias veces las margas tableadas terciarias ofuscadas con frecuencia por la tierra vegetal; su rumbo varía poco de N.40° E. y siempre con el mismo buzamiento monoclinal y es su tono rojizo amarillento el que les hace destacarse de las calizas oscuras cretáceas.

Hacia el final del Clot se ofrece un pequeño anticlinal y los estratos, por estar muy llanos, llegan a presentarse casi de E. a O.

En las lomas suaves en que asienta el corralón del Carri, llamado también de la Sierra, se descubre el final de la cuenca, extendida en verdadera cola de estratos casi planos y de poquísimos espesor, hasta desaparecer. Sin embargo hacia el E. vuelven a encontrarse las margas tableadas que, aunque escasamente, dan olor fétido y se distinguen por su aspecto idéntico al de los estratos de la cuenca de Ribesalbes, es decir, que positivamente en estos altozanos del corral de la Sierra se puede apreciar claramente

el desborde de la cuenca de Ribesalbes a la de San Chils.

Los bordes cretáceos al final del isleo y en una altura de unos 400 metros se unen marcando un anticlinal dirigido de E. a O. A los 450 metros en el borde izquierdo de la cuenca se encuentra un isleo de caliza blanca con 15 o 20 metros de potencia y dispuesta casi horizontalmente en transgresión sobre los estratos cretáceos. Esta caliza se destaca por su tono muy blanco, ofrecido en escarpes que forman una cornisa dando vista a la vertiente de Ribesalbes; en la masa de esta misma roca, ya en el camino que conduce a Fanzara, encontramos algunos pequeños gasterópodos pulmonados que parecen demostrar su origen lacustre y limitado.

Por ser muy típica citaremos la erosión que sufre esta caliza con las aguas meteóricas en el resalto que mira al valle y que se señala en una serie de estrias verticales, a modo de fleco en la cornisa horizontal, que tendrá una potencia de 1,80 a 2 metros (fig. 7).

La disposición es la indicada en el croquis adjunto, (figura 8) por lo cual se hace más llamativa la diferencia entre los dos terrenos de la altura, pues en el aptiense

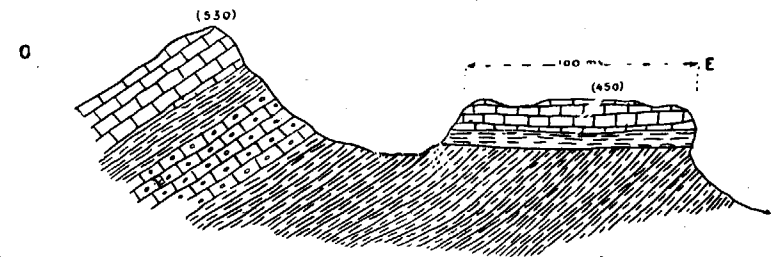


Fig. 8.—Croquis explicativo de la situación de la caliza miocena en las Balsas de Fanzara.

descubierto se encuentra, en la parte baja, la caliza parda detrítica que suele estar unida a la arenisca abigarrada

de la base y encima tiene un pequeño tramo de margas glauconiosas, tan propias de este terreno, terminando por la caliza potente de *O. Boussingaulti* que cubre todos los amplios pliegues del infracretáceo de la zona.

Las dimensiones de la "coronilla" miocena serán de unos 100 metros casi de E. a O. y 500 en sentido perpendicular, sin embargo, la superficie no se descubre muy bien, pues, en parte, está ofuscada por la tierra vegetal y por la caliza travertínica cuaternaria tan común sobre todo el infracretáceo de Levante.

Muy parecida a esta caliza blanca de las Balsas es otra vista sobre el borde cretáceo oriental, en el corral de Les Forques, sobre el Campillo.

Algo más al Oeste y sobre la caliza aptiense encontramos un banco de caliza pisolítica, los elementos de la cual suelen tener disposición radial y llegan hasta un centímetro en la Aljup (470).

Desde la Aljup volvemos hacia el Sur para examinar otra cola de la cuenca terciaria que encaja en el barranco de las Estañaes y cuyo primer afloramiento se encuentra por bajo del mojón de división de los términos de Alcora, Ribesalbes y Fanzara.

Toda la cola terciaria de las Estañaes corresponde también a la Cuenca de Ribesalbes y llega del mismo modo hacia el Norte, hasta cerca de la Balsa, empezando los estratos pajizos casi horizontales, por debajo del mojón de división, pero a medida que descendemos han tomado el rumbo Norte-Sur algo al Oeste y su inclinación al Este hasta enlazarse, en Els Gixars, con la prolongación señalada anteriormente.

Por fin, como continuación de Ribesalbes se puede citar también una tercer cola que sigue la depresión llamada Fosamel, por donde pasa el camino que baja de la Serra-

ta, es decir de Araya, hasta enlazar en el Campillo con las dos colas antes mencionadas.

Esta pequeña corrida de Fosamel, que es mucho más arcillosa que la de Estañaes y parecida a la de Araya, está a más de un kilómetro al Oeste de San Chils consideradas las dos cuencas oligocenas en su rumbo más general que, como siempre, es N.-S. y buzamiento oriental; de enlazarse los estratos de Fosamel con algunos de la vertiente septentrional sería con los de Araya y no con San Chils, pues tanto Araya como Fosamel quedan al Oeste y detrás del morro cretáceo, llamado Morro Blanch, que forma el borde Oeste de San Chils.

Las rocas del fondo cretáceo siempre están bien caracterizadas por la *O. Boussingaulti* y las *Orbitolinas* en la caliza parda inferior. Como disculpa de algún pequeño asomo que haya podido pasarse en algún rincón de los barrancos podemos recordar que, en ninguno de los casos tenía valor industrial el asomo examinado: ni por su clase, pues, exceptuando Els Guixars, nunca hemos encontrado verdaderas disodilas, ni por la cantidad posible contenida, aun evaluando como aprovechables la totalidad de estratos terciarios.

#### **Consideraciones sobre el valor minero de la cuenca.—**

Ya hemos visto que el mayor tonelaje de las margas productivas se encuentra en el lugar conocido por La Rinconada, nombre que se refiere al murallón o resguardo que forman, topográficamente, los sedimentos terciarios muy levantados limitando al N. la curva apretada que hace el río, desde las fábricas de cerámica hasta las primeras casas del pueblo. Este acantilado de 200 metros escasos de longitud y 70 sobre el río, protege, a modo de barrera, contra los vientos del N. a las huertas de naranjos que se extien-

den desde el pie del acantilado hasta ganar la orilla opuesta, también aplanada, y en la que ubican otras fábricas de cerámica y antiguas instalaciones de destilación. Esta barrera terciaria comprendida desde el pueblo (figura 9) al borde cretáceo del O. no llegará a más de 80 metros de espesor en su base y a pocos metros en su parte alta pues las aguas que se deslizan paralelamente al rumbo general de los pliegues cretáceos, esto es de NO. a SE., han erosionado profundamente los estratos modernos más blandos, que coinciden en su dirección general, resultando que el barranco de las Ollerías, al Norte del macizo de la Rinconada, lo limita por este lado como el Mijares lo hace por el Sur y así queda contorneando el bloque de mayor cubicación de las margas disodílicas, por delante y por detrás, en sus 200 metros de largo, por las cuencas del Mijares y Ollerías, al O. por el borde de la caliza aptiense y al E. por las margas que sostienen el pueblo. El rumbo de los estratos en la Rinconada es próximamente N. 30° E. y buzamiento al SE.; la altura barométrica, en la parte alta, es de 220 metros y su anchura transversal en este lomo estrecho, desde donde se dominan las dos vertientes, es de unos 10 metros.

A continuación damos un corte detallado del criadero en la rasante de la Rinconada, de levante a poniente, partiendo desde el pueblo.

Capa sin número, no muy rica; 1 metro.

Alternancias de calizas y margas; 8 metros.

Margas con alguna disodila sin valor para considerarse como capa; 2 metros,

Capa n° 1; 1,50 metros.

Caliza intermedia; 3 metros,

Capa n° 2; 2 metros.

Margas y calizas con alguna arcilla intermedia; 1,50 m.



Fig. 9. Borde oriental de la cuenca, viendose a la izquierda (Oeste) el principio de La Rinconada.

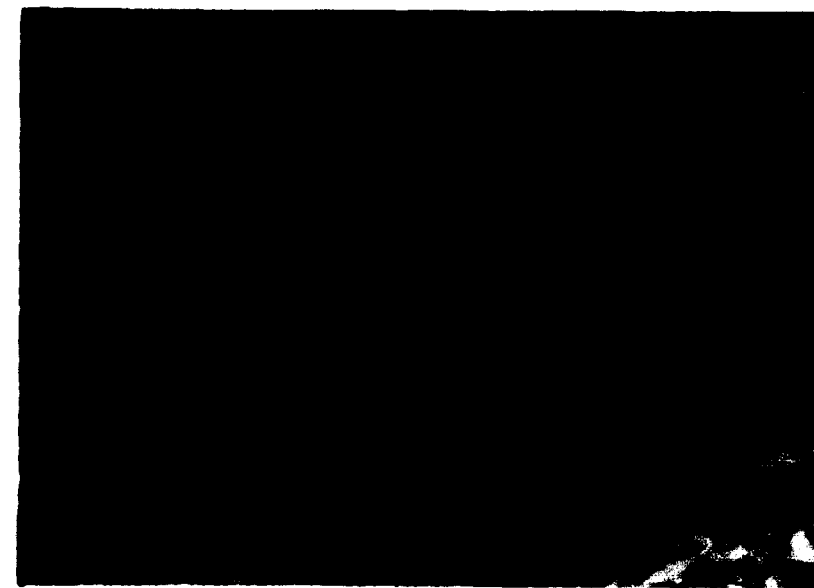


Fig. 10. La Rinconada. Capa 2.ª Láminas de disodila, oscuras y fisibles, alternadas con margas bituminosas blancas tableadas.





Fig. 9. Borde oriental de la cuenca, viendose a la izquierda (Oeste) el principio de La Rinconada.

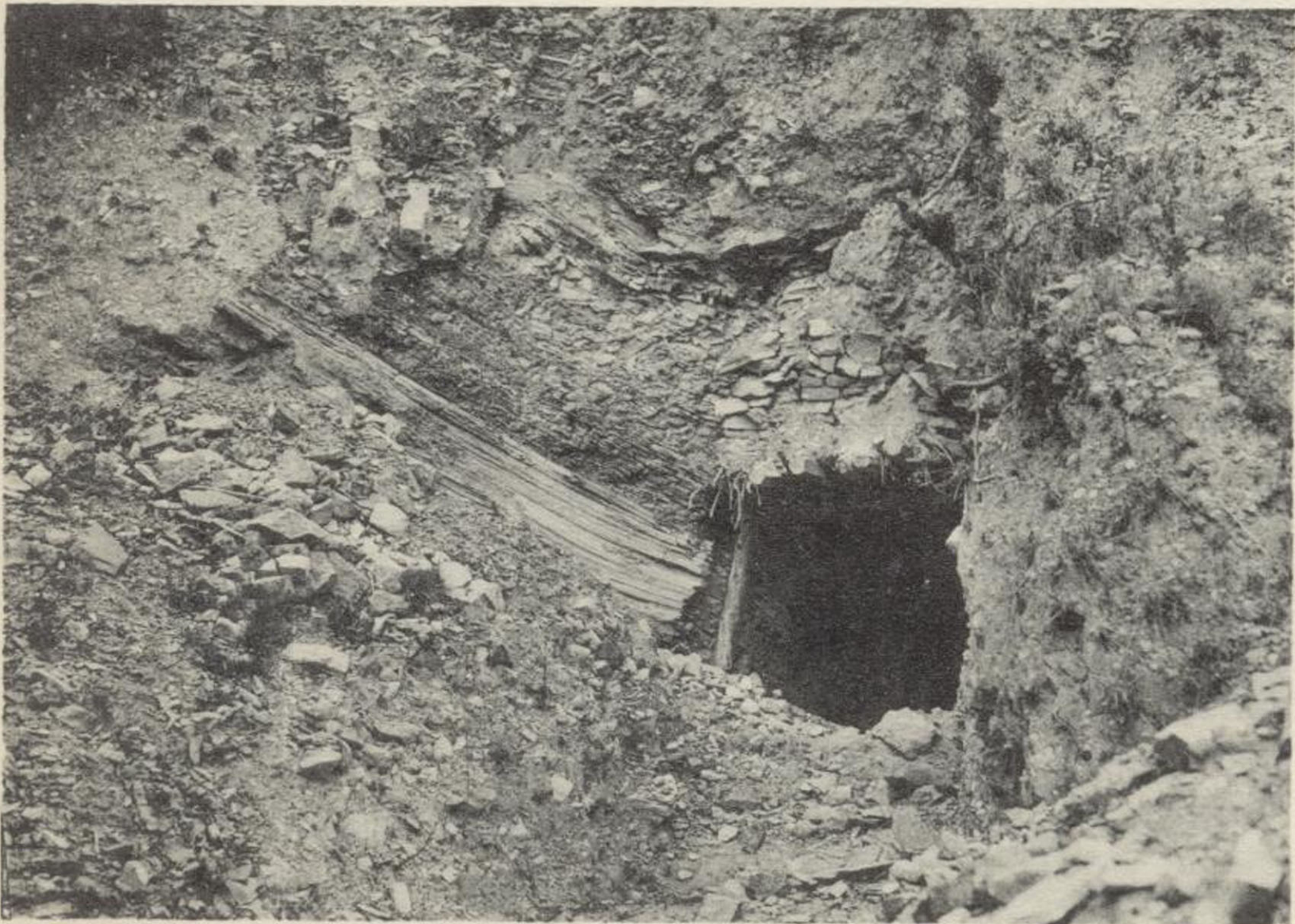


Fig. 10. La Rinconada. Capa 2.<sup>a</sup> Láminas de disodila, oscuras y fisibles, alternadas con margas bituminosas blancas tableadas.





Alternancia de margas con láminas de disodila; 2 metros.  
Calizas y margas hasta la falla; 4 metros.  
Falla; 1 metro.  
Trozo ofuscado por acumulación de detritus; 15 metros.  
Calizas; 6 metros.  
Capa nº 3, con alguna marga; 2 metros.  
Calizas y margas; 2 metros.  
Capa sin número o 3<sub>a</sub>; 0,40 metros.  
Calizas con algunas capitas; 25 metros.  
Capa nº 4; 1,50 metros.  
Margas, calizas y alguna arcilla; 20 metros.  
Arcillas y acumulaciones de detritus cretáceos; 25 metros  
Total 120,90 metros.

Las labores de La Rinconada tienen su rasante inferior 12 m. por encima de las huertas de naranjos y avanzan unos 100 m. en total antes de salir, hacia el norte, al barranco de las Ollerías.

En la galería llamada 1.<sup>a</sup>, que es la más próxima al pueblo de Ribesalbes, se emboquilló una capa que, en el interior, se subdividió en otras dos de disodilas muy fisibles que arden a la luz del candil.

En las capas 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup> se obtiene este resultado también pero con más dificultad (figs. 10 y 11).

La mayor parte de los fósiles encontrados, lo han sido en las galerías de la capa 3.<sup>a</sup>.

Entre las capas de Ribesalbes, particularmente en la 2.<sup>a</sup>, suele haber intercalaciones arcillosas limitadas a veces por trozos papiráceos y algo flexibles con las superficies muy brillantes y de fuerte olor a petróleo a la percusión, que se asemejan a gruesas disodilas adaptándose dócilmente a todos los plegamientos.

**Cubicación.** — A la mitad de la altura del macizo Ribesal-

bes el conjunto de las capas hacen una inflexión y no parecen llegar arriba, con potencia apreciable, las disodílicas. Por otra parte se observa en las galerías, y lo confirma el plano de la mina, que los horizontes productivos no son seguidos de un modo continuo, sino que una capa de la máxima impregnación va pasando a empobrecimiento y muchas veces a margas, mientras que en tongadas próximas ocurre el fenómeno contrario, y la capa disodílica se diría que sufre un pequeño traslado; estos cambios en dirección hacen que la potencia tampoco sea constante.

Para la cubicación prescindiremos de estas circunstancias en alto y en largo y supondremos 4 capas continuas con potencia de 1.50: 6 metros en total.

Según esto, tendremos que la cubicación podría estar dada por el siguiente producto: 70 (alto)  $\times$  50 (ancho medio)  $\times$  6 (potencia)  $\times$  2,5 (densidad) = unas 50.000 toneladas.

Esta cantidad resulta sobre el valle y considerando sólo las capas de máxima impregnación, pero teniendo en cuenta las margas tableadas que contengan hasta 5 % de aceite, y que la explotación puede descender por bajo del río, quizás se pueda triplicar la cifra que hemos dado para el macizo.

**Concesiones vigentes.**—Son dos, «Concha» sobre la cuenca de Ribesalbes y «Victoria Aliada», sobre la de San Chils. Comprenden en su perímetro la mejor zona de afloramiento y presentamos el plano de labores de la primera (lám. 2).

**Recorrido a San Chils.**—A la salida del pueblo de Ribesalbes, en las llamadas casas de Maset, por el camino hacia Alcora, pasan las calizas tableadas seguidas por arcillas que simulan cobijarlas hacia el E. y, como siempre, desde

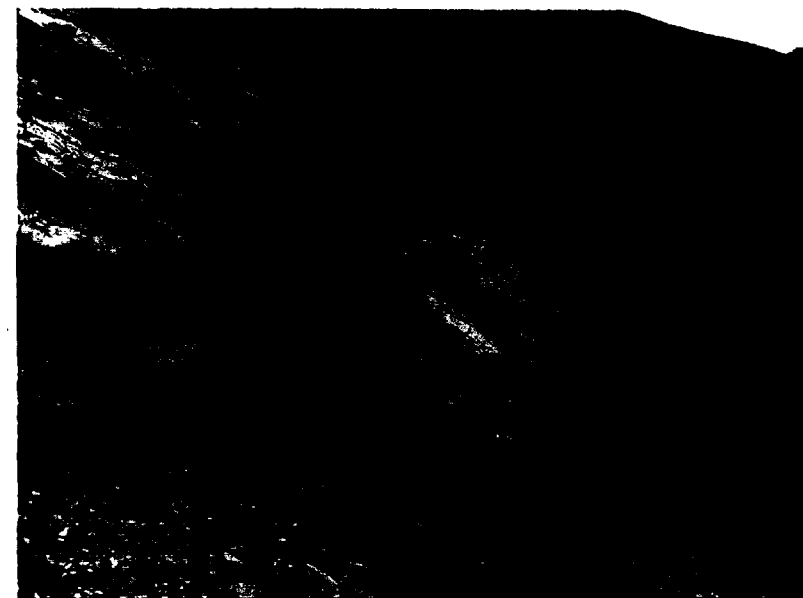


Fig. 11. La Rinconada. Capa 3.<sup>a</sup> Macizo de láminas de disodila, unidas, que dá idea de su delgadez y textura coriacea



Fig. 12. Barranco de San Chils, transversal a los estratos.





Fig. 11. La Rinconada. Capa 3.<sup>a</sup> Macizo de láminas de disodila, unidas, que dá idea de su delgadez y textura coriacea



Fig. 12. Barranco de San Chils, transversal a los estratos.



la caliza de *Exogiras* inclusive, se recubren enseguida con el manto algo rosado de la caliza moderna que parece algo laterítica en pequeños núcleos; precisamente en este sitio y como demostración concluyente de su origen cuaternario hemos encontrado en su masa trozos de cerámica cementados.

En Cuatre Corral, antes de llegar al término de Onda, vemos el extremo de la cuenca por este lado; los esquistos amarillentos, verdaderas calizas margosas muy tableadas y sonoras a la percusión. Se colocan en esta *cola* arrumbadas casi de N. a S. y con buzamientos distintos, aunque dominan los verticales, y como el pliegue cretáceo que forma el fondo sigue aproximadamente la misma dirección, se puede producir una ligera confusión, resuelta pronto, al avanzar el camino, pues se encuentran horizontales los estratos cretáceos en este orden: el estrato inferior es una marga glauconiosa, encima la caliza parda con *Exogira Boussingaulti* y encima un término litológico de creta muy blanca que parece más moderno que el aptiense y que hemos visto también en los altos de la Contadora que dominan Els Guixars. Sin necesidad de esta demostración, tan claramente cretácea, se distinguen siempre los estratos terciarios, porque dan olor fétido a la percusión siendo margas y aunque estén muy separadas de las disodilas; este carácter, que raramente falta, ayuda mucho para la prospección.

Desde aquí en más de un kilómetro, hasta la masía llamada de San Chils, vuelve la caliza cuaternaria, espesa de 50 a 60 centímetros a ocultarlo todo, y así quedan tapados bajo su masa, los estratos secundarios y terciarios. En trozos de esta caliza vemos señales y núcleos de forma estalactítica mostrando la circulación de las aguas de formación por el depósito de sus capas y estas figuras a veces simulan verdaderos pisolitos. Únicamente los altos

que se levantan bastante sobre los escasos llanos y las colinas suavemente onduladas, se libran de este manto calizo cuaternario. La cuenca de disodilas, llamada de San Chils, no resalta nada del terreno: sus lechos amarillento-pajizos y estratificados en capas muy delgadas se arrumban de N. a S. con buzamiento absolutamente isoclinal al E. y en esta disposición ocupan el fondo del barranco de La Grillera o de San Chils, que atraviesa los estratos de un modo casi perpendicular y los descubre únicamente en el ancho de su cauce (figs. 12 y 13), de modo que este terciario productivo sólo está mostrado en una fila larga de 100 metros en el sentido del río, a partir de una presa que se encuentra al O. aguas arriba, y con un ancho del fondo del río de manera que escasamente se descubre un corte, sin relieves, de las capas terciarias.

Las rocas de los bordes, tanto al E. como al O. (fig. 14) se perciben perfectamente, porque levantan las calizas aptienses sobre la llanura central que corresponderá a las prolongaciones S. y N. del haz productivo, ocultas por los depósitos cuaternarios.

Dentro de los 800 metros, a lo largo del barranco, se encuentran capitas de disodilas repartidas de un extremo a otro; las importantes se agrupan en unos 100 metros de anchura contados a partir de la Presa del extremo O. y es donde se han efectuado las labores de reconocimiento y explotación.

El aspecto de conjunto de estos estratos terciarios está dado por las margas tableadas y duras de tono pajizo que suelen tener algo de sonido campanil a la percusión y olor fétido, entre estas margas, a veces muy penetradas con ellas, van las líneas finas de la disodila con su especial tono color tabaco. Los tramos arcillosos en San Chils, faltan casi en absoluto, o habrán sido arrancados por la

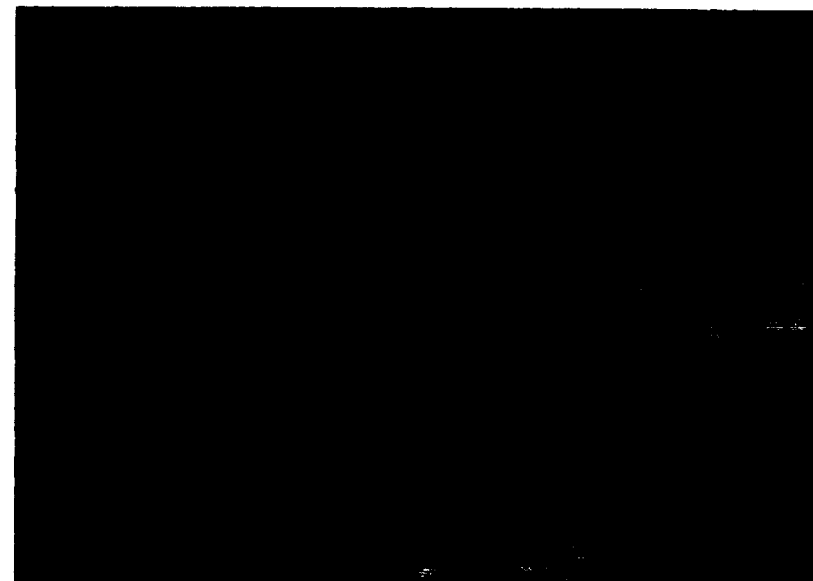


Fig. 13. San Chils. Margas disodílicas buzando al Este.

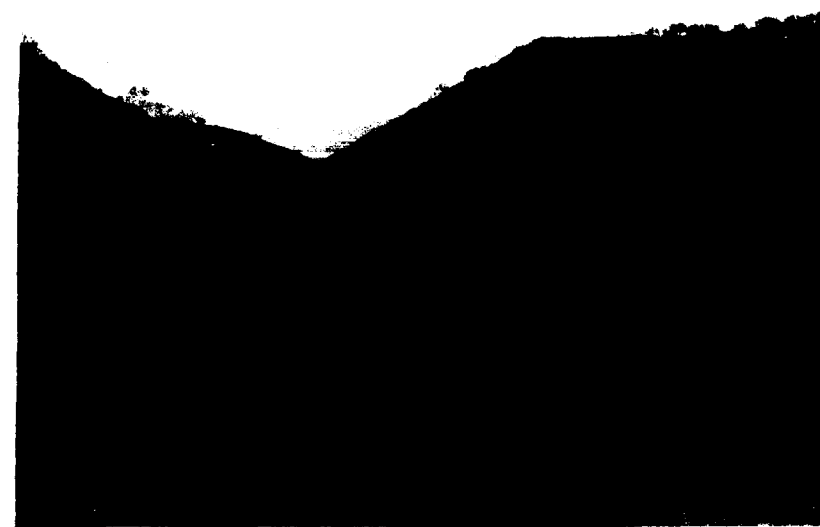


Fig. 14. Borde Oeste de la cuenca de San Chils: las calizas aptienses forman el acantilado de tono oscuro y los estratos terciarios el lecho claro del barranco.





Fig. 13. San Chils. Margas disodilicas buzando al Este.



Fig. 14. Borde Oeste de la cuenca de San Chils: las calizas aptienses forman el acantilado de tono oscuro y los estratos terciarios el lecho claro del barranco.



erosión que en este barranco se tiene que cumplir de un modo constante y enérgico respecto a los depósitos terciarios, puesto que el agua ha de pasar por el barranco ahondando su cauce, como una verdadera herramienta.

Las disodilas de San Chils se ofrecen en líneas muy finas y unidas que bandean a veces como hojas de un libro las margas pajizas. El rumbo de todos los estratos terciarios es casi N. S. con buzamiento al E. de unos  $40^\circ$  con la horizontal.

Las capas margosas empiezan en el mismo azud (presa), pero en realidad, aunque muy próximas las rocas cretáceas de este borde, no se aprecia el contacto, ofuscado por los aluviones del cauce.

La galería más importante se encuentra en la orilla izquierda, próxima y aguas abajo de la presa y emboquillada unos 8 m. sobre el cauce; tiene a la entrada un pocillo en trancada, de unos 40 m., del cual arrancan otros dos niveles por debajo de la rasante de la galería, seguidos de un modo irregular y entre todos comprenderán una longitud de unos 25 a 30 ms. en sentido N. puesto que hacia el S. no sería posible el reconocimiento por cruzar el río (fig. 15).

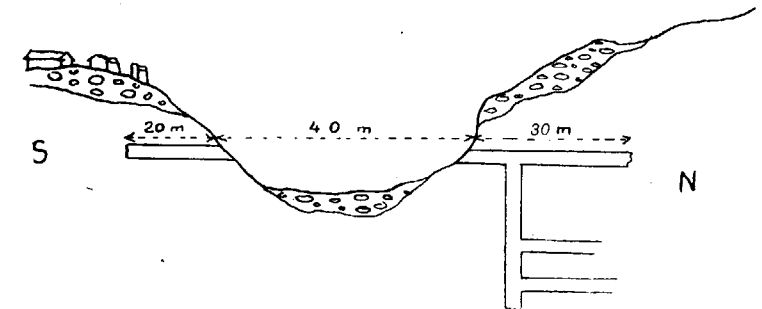


Fig. 15. —Croquis de las instalaciones y labores de San Chils.

No pudimos ver bien las labores por estar la trancada en la parte baja con agua. La 2ª galería en importancia, es la examinada en la ladera S. y casi opuesta a la anterior; tendrá próximamente la misma rasante, es decir la mínima altura para librarse de las grandes avenidas; el nivel disodílico que sigue en dirección hacia el Sur, quizás sea el mismo que en el caso anterior, y la longitud de la labor no pasará de 20 a 25 metros.

Más hacia el E. unos 60 m., vuelven a verse las margas marcadas con el encintado fino que les dan las láminas bituminosas, pero este nuevo nivel, lo mismo que algún otro que se encuentra hasta terminar la presentación de la cuenca alta, no han sido reconocidos, quizás por juzgar que tenían suficiente material con el descubierto en las dos galerías cerca del azud, o porque estimasen más pertinente la construcción previa de las instalaciones de destilación, práctica perniciosa industrialmente seguida en toda esta cuenca, en la cual, por las potencias descubiertas y la relativa variación de los niveles bituminosos, debieron haberse basado siempre en cantidades y datos conocidos previamente.

En la parte alta (ladera S.) con un desnivel de unos 40 m. con el fondo del cauce, se encuentran la casa de la mina y dos pequeños hornos para destilación con escasos conductos y balsas de condensación y recogida de productos. Cerca del horno, preparadas en trozos para la carga, quedaron algunas toneladas de margas disodílicas en las que se puede comprobar como tiende a despegarse y separarse por meteorismo la porción margosa de la bituminosa o disodílica propiamente dicha y cuyas láminas, aquí, sobre este pequeño depósito de mena, hemos visto con frecuencia bombeadas y casi abarquilladas al despegarse de las margas; cuando se encuentran así aisladas

tienen aspecto piroleñoso, son muy flexibles, se cortan en trozos por un cuchillo y arden bien, es decir, los verdaderos caracteres de la disodila.

**Dimensiones del criadero.**—En realidad son más bien pequeñas las cifras representativas.

El número de niveles explotables parece no ha de pasar de 3 capas: dos próximas al azud y otra más al E., y de los 3 niveles sólo uno es el reconocido y explotado en las dos laderas.

La longitud (N-S) de extremo a extremo de las labores abarca unos 100 metros, así a partir del norte: 30 metros de la galería de aquella ladera, otros 40 o 50 m. del ancho del cauce, y por fin los 20 m. del registro Sur; ahora bien, contando con que tanto al Norte como al Sur se ven los estratos terciarios en algunos descarnados y que penetran en masas bien unidas y formadas por bajo de los depósitos cuaternarios, creemos se debe opinar bien respecto a la prolongación en bastante longitud, pero de un modo cierto, sólo pueden admitir en 200 a 300 metros.

En cuanto a la altura no se puede pasar en la apreciación de más de 80 m., de los cuales 40 corresponderán a la profundidad de la labor del borde del Norte y otros 40 de desnivel hasta la meseta del camino.

Queda por estimar la potencia de cada nivel, lo cual no se decide bien más que en la explotación, pero de cualquier modo, suponemos no se pasará de las potencias de Ribesalbes (hasta 3 metros).

El tonelaje que de un modo seguro se puede atribuir a San Chils, admitiendo como densidad de 2 a 3 entre marga y caliza, será de

$$100 \times 80 \times 6 \text{ (potencia de 2 capas)} \times 2,50 = 110.000 \text{ tns.}$$

**Bordes de la cuenca y prolongaciones.**—Arrumbados los estratos modernos que contienen las disodilas de Norte a Sur en pliegue muy apretado (puesto que atestiguan el esfuerzo, la pizarrosidad y el levantamiento de las capas) se han de admitir como bordes de la cuenca las limitaciones laterales, pues tanto por el Norte como al Sur, sobre las altiplanicies de tierra laborable, no se ven más que la caliza cuaternaria y algunos pequeños asomos por debajo, de los que después hablaremos (fig. 16).

Las calizas que forman ambos bordes son aptienses y resaltan sobre el terreno formando elevaciones ásperas y peladas que se destacan mucho. Ni al Este ni al Oeste se aprecia el contacto entre las rocas cretáceas y las terciarias, cubierto, en ambos casos, por los aluviones cuaternarios recientes; en el cauce y algo más arriba, hasta llegar a la roca cretácea, es la caliza cuaternaria de conglomerados la que oculta la unión.

El borde aptiense del Oeste parece fraccionado por dos o tres pequeñas fallas dispuestas en escalones, pero sus estratos buzán siempre hacia el Este con bastante tendido y en ese sentido penetra por debajo de la cuenca terciaria para formar su fondo. Al Este, las calizas cretáceas tienden a elevarse en un pequeño anticlinal isoclinal hacia el Este que, de una manera muy lógica, se enlazarían con la caliza occidental para dejar la cuenquecita terciaria encajada en un sinclinal de igual inclinación en sus dos ramas.

En este caso particular los dos bordes parecen ajustarse a un mismo motivo tectónico; las fallas del borde occidental podrían referirse al hundimiento general del país hacia ese lado, mientras que el buzamiento hacia oriente, de los pliegues isoclinales, indica que de ese lado cardinal se ofrecieron las resistencias; es decir borde occiden-

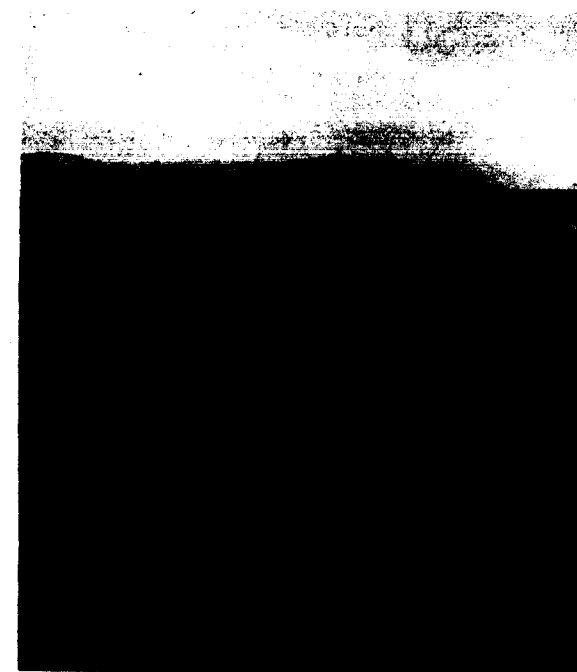


Fig. 16. Prolongación Norte (al fondo) de la cuenca de San Chils. (El barranco está comprendido entre la parte clara y oscura del primer término.)



Fig. 17. Afloramiento de la «Foya de Chochim». Unión del aptiense y el oligoceno.





Fig. 16. Prolongación Norte (al fondo) de la cuenca de San Chils. (El barranco está comprendido entre la parte clara y oscura del primer término.)



Fig. 17. Afloramiento de la «Foya de Chochim». Unión del aptiense y el oligoceno.



tal, zona de debilidad y resistencias en el borde oriental, por lo menos tal parece ser la razón tectónica en este pequeño pliegue de la cuenca moderna.

**Prolongaciones.**—La toba cuaternaria de la llanura, que desde Ribesalbes se extiende hasta San Chils, no permite hacerse cargo de las dimensiones que por debajo de ese manto tendría la cuenca terciaria, pero observando que todos los asomos de esta clase de estratos se ofrecen bordeados de calizas cretáceas arrumbadas de N. a S. con buzamiento al E., se puede deducir que Ribesalbes y San Chils, son cuencas paralelas, pero no dispuestas en prolongación, puesto que de una a otra, tomadas ambas en sentido N. S. hay más de dos kilómetros en sentido transversal, asomando las calizas cretáceas varias veces sobre la superficie cuaternaria que va de una cuenca a otra, como testimonio de la barrera de calizas aptienses que servirá de separación continua, por bajo del manto tobáceo.

Los pequeños asomos que podrían considerarse como prolongación de San Chils, están situados al S. de la cuenca. Son tres en estos 2.500 m. que mide la distancia de Ribesalbes a San Chils y el más próximo a las explotaciones de San Chils aun distará un kilómetro hacia el S.; los tres son pequeños y en resumen puede decirse que no sirven de gran apoyo para deducciones industriales. El primero de los pequeños afloramientos, a que nos venimos refiriendo, saliendo de Ribesalbes, se encuentra en Cuatro Corral y está constituido por unas margas color barquillo que se arrumban de N. a S. con buzamientos variables, aunque parece dominar al Este. Las margas que lo componen son muy parecidas a las que acompañan a los esquistos de la Rinconada, pero dan escaso o ningún olor a la percusión en muchos de los trozos examinados. Este estrecho asomo está

comprendido lateralmente por las calizas del infracretáceo y cruza el llamado antiguo Camino Real de Aragón.

Los afloramientos 2º y 3º en la dirección Norte hacia San Chils distan entre sí de 100 a 200 m. y un kilómetro próximamente al barranco de San Chils. El más meridional de estos dos afloramientos está situado en el paraje llamado "Foya Reñones" en la finca del tío Chochim de Araya. Su rumbo es el general N. S. y tiene una inclinación de unos 40º con la vertical hacia el E., altura barométrica 210 m.; las potencias que se descubren en esta pequeña salida terciaria, a través de los mantos cuaternarios, varía de 8 m. en el extremo S. hasta 30-50 en el N. donde vuelve a ocultarse bajo la caliza cuaternaria, no habiendo ofrecido más longitud el afloramiento de unos 20 metros.

El afloramiento conocido por "Foya de Chochim" se encuentra unos 200 metros más al N. y alineado con el mismo rumbo hacia San Chils, para llegar a cuya cuenca aun le faltan unos 1000 mts. Se trata de otro pequeño asomo algo más alto que el anterior pues alcanza la cota 250, pero que, como él, carece de importancia industrial por sí solo, aunque refuerza la idea de la prolongación meridional de San Chils. La longitud en que se descubren las margas fétidas no pasará de otros 20 metros.

Este afloramiento tiene una particularidad digna de mención y es que hay un punto en que se unen los tres terrenos en la forma representada en el croquis de la fig. 17. La unión entre el aptiense y el oligoceno se hace en este punto por medio de una pudinga de cerca de un metro de espesor; en conjunto no se aprecia mucho la discordancia angular entre ambos terrenos.

**Cuenca de Araya.**—Está representada por un pequeño

paquete de estratos terciarios comprendidos en el valle de Araya, detrás del borde cretáceo que forma el límite O. de San Chils.

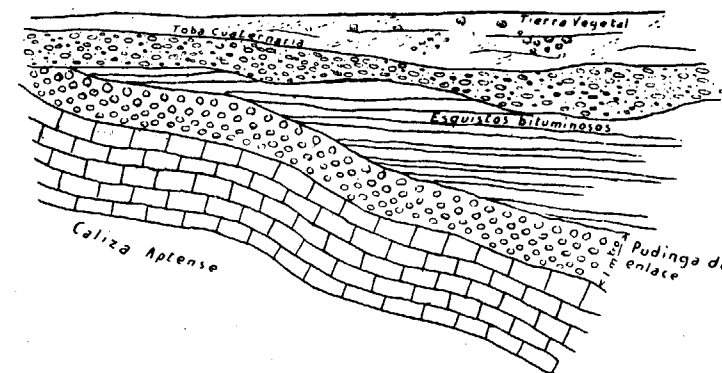


Fig. 17—Afloramiento de la "Foya de Chochim". Unión del aptiense y el oligoceno.

Principian los asomos en el fondo del barranco de Araya, en el sitio conocido por Hortetes de Tonet, aludiendo a su último parcial en regadío.

En este arroyo los estratos son margas tableadas pajizas, algo fétidas a la percusión y arrumbadas casi N. S. con buzamiento al Este.

Estas margas tendrán una potencia de unos 30 o 40 m. y siguiéndolas hacia el Norte, por los aluviones del barranco se llega, a los 100 metros, a una pequeña curva del barranco en donde el grupo de capas modernas se tienden hasta 20º con la horizontal y se superponen en unos 50 m. a las margas tableadas anteriores.

El rumbo de este haz es N. 30-40ºE. y buzamiento muy hacia el SE.

Intercaladas entre las margas pajizas tableadas hay unos estratos muy ferruginosos que no pasarán de un metro. Las disodilas asientan sobre las margas y están conteni-

das en una masa arcillosa de modo que cuando se altera la roca quedan abarquilladas las delgadas láminas cenicientas entre los productos margo-arcillosos de descomposición que se desmenuzan a escasa presión; por fin todo el tramo alto, hasta la cota 280, vuelven a repetirse las margas bastante calcáreas hasta la Finca del Chorro donde entra la caliza de las estepas.

En resumen, esta pequeña cuenca de estratos modernos se ofrecerá en unos 300 m. de longitud y 40 a 50 de potencia.

El material disodílico, en láminas grises, bien sea porque tuviesen disipada gran parte de su materia orgánica por meteorismo o porque su calidad sea inferior, no conseguimos que ardiesen a la llama de la bujía, como hacían sus homólogas de San Chils y Ribesalbes; las margas tableadas inferiores eran las únicas que daban fetidez a la percusión.

Los bordes y las prolongaciones de esta pequeña cuenca se ocultan al Sur y al Oeste por los aluviones del barranco, mientras que al Este y al Norte es la caliza brechoide de las llanuras la que oculta las uniones entre las capas terciarias y los bordes cretáceos.

**Fondo cretáceo.**—Aun cuando no se vean unidos los estratos aptienses y los oligocenos, se comprende que la disposición de estas pequeñas cuencas, como la de Araya tiene que ser análoga a las de Ribesalbes y San Chils y por consecuencia el fondo será la caliza aptiense.

En Araya la serie infracretácea se ve más completa y clara que en las cuencas de la Rinconada o La Grillera (San Chils) y como elementos principales tiene: arcillas muy rojas en su parte inferior, margas muy arcillosas y divididas encima, y formando resalto sobre esos tramos

blandos inferiores, se encuentra la caliza parda con *Orbitolina lenticularis* y encima de todo la caliza gris de *Ostrea Boussingaulti*. En la bajada al barranco de Araya, desde San Chils, se aprecia bien esa disposición.

Este pequeño depósito del barranco de Araya hay que considerarlo como aislado pues se encuentra separado del de San Chils por la caliza del Azud y de todas las ramificaciones del de Ribesalbes por los altos cretáceos de la sierra de la Balsa.

**Cuenca de Fanzara.**—Para llegar a esta cuenca hay que trasponer todo el borde O. de Ribesalbes formado por potentes calizas aptienses con *O. Boussingaulti* hasta llegar a dar vista al Mijares.

Ya desde el alto (240) bajando hacia los pintorescos rincones que ofrecen los meandros del río Grande se van descubriendo también grupos de estratos más inferiores en el cretáceo. La estructura general es en amplios anticlinales con buzamiento de sus ejes algo al Norte y que asoman en su parte inferior margas y arcillas muy rojas, como ya vimos en Mas del Moro.

A la entrada del pueblo de Fanzara y en el barranco que entra al Norte pegando a las huertas, se encuentra el urgoaptiense en unos 200 metros de potencia, formando un bonito anticlinal cuyo corte, comenzando por arriba sería el siguiente: caliza de *O. Boussingaulti*; caliza parda de *Orbitolinas*; acantilado de psamitas y areniscas grises y negras; calizas y arcillas muy rojas.

Es decir que la novedad en el cretáceo que veníamos viendo es el desarrollo que toman las areniscas urgoaptienses con textura pizarreña o psamítica y muy divididas en pequeños paquetes que se diferencian por dominar en ellos la parte arenosa o la arcillosa, con la particularidad

de que esas psamitas y margas suelen tomar un tono muy obscuro en la masa, que pierden cuando están arrancadas volviéndose casi blancas y demostrando que contienen substancias carbonosas y orgánicas que sedisipan al aire.

Tal propiedad se pone más de manifiesto en el barranco afluyente que sube hacia el Norte y donde se han efectuado registros en busca de margas bituminosas como las de la Rinconada, con el resultado infructuoso que era de esperar.

Siguiendo el barranco al N. y a poco más de un kilómetro, aparece todo blanco, fondo y ladera del Oeste, con margas tableadas que denotan un cambio de terreno. En esta parte el barranco recibe los nombres de Blanco, Olivaret y de la Bailesa. Examinadas las abruptas laderas con atención vemos que, en unos 50 a 60 metros de desnivel tiene dos series de esquistos tableados bastante duros y calcáreos que acusan sonoridad y fetidez a la percusión como vemos ocurría en las margas tableadas de la prolongación de la Rinconada, por ejemplo en Els Guixars.

En la parte inferior hay un registro empezado en margas y en la parte alta vemos la caliza parda aptiense sin discordancia muy aparente con los esquistos, pero enlazada con ellas por medio de una brecha de trozos de esquisto y caliza parda. En realidad, y sin haber encontrado fósiles en los esquistos fétidos no se puede decidir de la edad de este paquete de capas, aunque lo suponemos oligoceno, pinzado fuertemente por los bordes cretáceos en un pliegue isoclinal.

Es decir, que por estar la ladera llena de trozos caídos y en parte cultivada no se puede apreciar qué discordancia angular haya entre estos estratos y las calizas aptienses, aunque comparando las dos laderas de este solitario barranco puede apreciarse una gran diferencia de as-

pecto y colocación entre los estratos blancos tableados de la margen derecha y las calizas pardas y gruesas de la margen izquierda, claramente cretáceas y dobladas en anticlinal.

El rumbo de este haz de capas es N.-S. y su corrida, acuñada fuertemente entre los estratos aptienses, pasará poco de 100 metros.

Por fin, y por completar la lista de pequeñas manchas examinadas, citaremos otra pequeña arrumbada N. 10 a 20° O. y buzamiento al E., longitud unos 300 metros por unos 50 de ancho; los estratos, que se cortan en el camino y poco antes de llegar a la Bailesa desde Fanzara, son margas tableadas claras con fetidez ligera a la percusión.

**Menas.-Análisis.**—La roca que se ofrece en Ribesalbes como provechosa a la explotación, es una marga bastante tableada con una impregnación de hidrocarburos que acusa de 10 a 14 % de aceite en la destilación. Se trata pues de margas bituminosas clásicas. Ahora bien, como en los horizontes más ricos se intercalan en los estratos láminas finísimas de color tabaco que tienen las características de la disodila, aplicamos a las margas la denominación de disodílicas que ya había sido empleada por el Dr. Faura.

La disodila o dysodila, del griego *dysodes*, fétido e *ilys*, lodo, en realidad no constituye una especie mineralógica, pero tiene caracteres peculiares que la hacen valer como si lo fuese, dentro de los límites de satisfacer a ellos. Entendemos por disodilo o disodila o hulla papirácea un lignito muy esquistoso, flexible, bastante elástico que llega a cortarse en virutas con un cuchillo cuando está en láminas sueltas y que, por su combustión, desprende un olor

muy desagradable (1).

Estos caracteres completos se encuentran particularmente en las margas de San Chils, las cuales al sufrir la alteración meteórica, dejan libres y abarquilladas las láminas papiráceas.

Los análisis que conocemos son los siguientes por orden cronológico:

#### Análisis general de la disodila negra

Substancias minerales fijas 50,4 %.	{	Silice. . . . .	20,5
		Alúmina . . . . .	9,0
		Óxido de hierro . . . . .	1,2
		Carbonato de cal . . . . .	12,4
		Carbonato de magnesia. . . . .	4,6
Substancias combustibles 36,35 %.	{	Azufre . . . . .	2,7
		Aceites. . . . .	11,25
		Gases no condensables a 25° c.	12,0
		Cok . . . . .	12,8
Agua de impregnación (humedad)		5,1	
Agua de combinación . . . . .		7,5	
Nitrógeno total . . . . .		0,35	
		<hr/>	100,00

#### Determinaciones especiales

Densidad de la disodila	1,741
Densidad del mineral margoso calcáreo intercalado, pobre en hidrocarburos	2,190
El 12,6 % de agua total que se obtiene en la destilación	

(1) Cordier llamó Disodilo al lignito papiráceo de Siracusa que antes se había llamado Stereus Diaboli por su olor repugnante.

seca de la disodila negra, contiene 5,10 gramos de amoníaco por litro, equivalentes a 19,7 gramos de sulfato amónico. Dicho sulfato amónico referido al mineral bruto primitivo corresponde a 2,39 kgms. por tonelada.

#### Determinaciones especiales en los aceites

##### Aceite bruto

Azufre combinado y disuelto	0,41 %
Densidad a 15° c.	0,906
Potencia calorífica (Berthelot-Mahler)	9.300 calorías.

##### Aceite ligero

Densidad a 15° c.	0,841
Potencia calorífica (Berthelot-Mahler)	10.050 calorías.

##### Aceite pesado

Densidad a 15° c.	0,928
Potencia calorífica (Berthelot-Mahler)	9.180 calorías.

Conduciendo la destilación seca del mineral de una manera adecuada es posible aumentar en cierta medida la proporción de aceites a expensas de los gases y del cok, así como también hacer variar ligeramente su composición.

**Destilación.**—Se habrán destilado unas 2.000 toneladas del 10 % en retortas escocesas verticales de 6 metros dando un rendimiento de 100 toneladas de aceite o sea solamente un 5 % de aprovechamiento.

## **RECORRIDO DE RIBESALBES A RUBIELOS**

Hicimos este recorrido sólo por comprobar si entre las dos formaciones de Ribesalbes y Rubielos se extendían algunos otros pequeños isleos oligocenos que hubiesen servido de enlace anterior y, como resultado, podemos decir que, desde luego, es posible que se nos haya pasado alguna pequeña mancha terciaria, pero que en conjunto, todo el fondo del recorrido está en terrenos secundarios, particularmente cretáceo.

Únicamente los hondos valles de Argelita y Ludiente se labran en los blandos estratos triásicos, mientras que la caliza del keuper forma acantilados ferruginosos verticales en las laderas, y sobre ella se alojan, en las cimas, los suaves y flexibles pliegues infracretáceos muy marcados y tableados en sus margas y calizas claras y grises, soportando rodales de pinos: el conjunto es un paisaje muy pintoresco y muy típico de erosión en cañones que se profundizan en los estratos blandos inferiores. En algunos sitios, antes de Ludiente, por ejemplo en Vallat, el valle del Mijares más que de erosión parece de hundimiento de un gran anticlinal que ofrece sus dos ramas calizas en los altos de ambos lados (NE. y SO.)

Cuando el triás no está descubierto, como ocurre desde Ludiente, entonces empiezan a dominar las suaves lomas y altozanos que nos conducen paulatinamente a las sierras cretáceas, el esqueleto de las cuales son los amplios anticlinales de calizas y margas en las que arraigan lentiscos y árboles pequeños; el paso de estos montes, que son parte de la Ibérica, se hace entre altiplanicies que llegan a 750 metros.

Geológicamente, hasta llegar a los grandes conglomerados, es urgoaptiense y en algún barranco, como en Mas de Corral, se encuentran algunas estimables formaciones carboníferas, del tipo de las de Aliaga y Gargallo en Teruel, pues sobre un pequeño conglomerado con *Orbitolina lenticularis*, se sobreponen las capas de carbón entre margas rojizas y como techo una formación salobre en que dominan *Tellinas* y *Mastras*. Un gran conglomerado se ofrece de un modo majestuoso formando las altas mesetas de un circo de erosión sobre el que asoman las gruesas cornisas del conglomerado, que suponemos entrada del cenomanense por la idea de regresión que manifiestan los elementos poligénicos rodados y algunos pequeños lechos que parecen de caolín, aspecto muy típico en el cenomanense de la meseta ibérica. Ya desde los conglomerados y a medida que vamos hacia Teruel, se presentan con más frecuencia formaciones arenáceas, como en los Calaos y Puente del Parral, antes de llegar a San Vicente. A la entrada de este pueblo, hay unas calizas muy agrietadas y llenas de vetas espáticas de calcita cristalizada radialmente y de un modo normal a los filones que rellenan las grietas, disposición que hemos visto varias veces en los terrenos cretáceos superiores.

Todo el terreno de San Vicente, está surcado de pequeñas erosiones cónicas, que labran las aguas, sobre un

gran tramo de margas muy rojizas, casi horizontales que a su vez sirvieron de apoyo, al NO. del pueblo, a una formación detrítica en que se ven alternar conglomerados con lentejones de arenas finas, que alguna vez ofrecen figuras de algas gruesas, y areniscas como las del flysch; estos estratos, con frecuencia horizontales, tienen aspecto más moderno, sin que nos atrevamos a fijar su edad, pero sí desde luego, creemos convendría una investigación atenta.

A la formación arenosa, vuelven a suceder los estratos inferiores margosos con abundantes fósiles en algún sitio (acantoceras, etc.) que paulatinamente van cambiando a una formación en que dominan las alternancias de areniscas de estratificación cruzada y margas moradas y verdes cuyo aspecto es desde luego, vealdense; tal ocurre en Fuentes de Rubielos, hasta la entrada casi de Rubielos, los bordes de cuya cuenca son nuevamente de caliza aptiense (figs. 18 y 19).





Fig. 19. Extremo del borde lignitifero de Rubielos de Mora.



Fig. 20. Frutos que suponemos de la familia *Amigdalacea*, género *Cerassus*.



## **DETERMINACIÓN DE LA EDAD DE LA CUENCA**

Terminada la exposición de datos, llega el momento de recoger los argumentos que sirvan para fijar la edad de los esquistos. Las razones que podemos ofrecer, no todas decisivas, son: de relación de dependencia geológica (cuenca de Rubielos); razones paleofitológicas y razones técnicas.

Efectuado el recorrido desde Ribesalbes a Rubielos de Mora, no hemos podido encontrar unidad de formación entre las dos que las sincronizase, pero basta un examen ligero de las dos cuencas disodílicas, depositadas sobre cretáceo, para comprender su identidad de formación, apesar de las sendas diferencias de transgresión relativa entre los estratos productivos y los estériles en que se apoyan.

Ahora bien, la cuenca de Rubielos ha sido clasificada como oligocena por geólogos tan prestigiosos como los Sres. Gavala y Faura y Sans. Sin embargo, estos mismos geólogos reconocen que su juicio no puede ser definitivo, por falta de argumentos paleontológicos, y esta consideración es la que nos hace considerar nuevamente la cuestión, desde sus fundamentos, no contentándonos con seguir las normas anteriores.

Las floras encontradas en Ribesalbes y Rubielos ya hemos visto que confirman la identidad señalada por la homotaxia de ambas cuencas; son las *Ostryas* y los *Salix*, los que dan un testimonio evidente de formación simultánea. Apesar de que así establecemos el sincronismo, no aclaramos tampoco la cuestión, pues ya hemos visto que aunque la flora es terciaria y las especies dominantes en Ribesalbes propias del oligoceno, en realidad, no hay ninguna que sea en absoluto característica.

Queda la razón de tectónica, que es la que consideramos más importante.

Circunscribiéndonos a Ribesalbes, hemos visto como los esquistos, discordantes con las calizas aptienses, estaban, sin embargo, plegados juntos de modo isoclinal, es decir, obedeciendo al movimiento más enérgico y general de los que han afectado al país en los tiempos terciarios; dejando las cosas en este punto, y subiendo ahora a la parte alta de la cuenca, en la Balsa de Fanzara, recordaremos haber visto un isleo de calizas muy blancas horizontales, conteniendo en su masa varios *Helix*. Ahora bien, este isleo está clasificado como mioceno en la Memoria geognóstica-agrícola sobre la provincia de Castellón, de D. Juan Vilanova, y así parece confirmarlo la clasificación de los fósiles lacustres por él hallados: *Lymneas*, *Planorbis* y *Helix*, considerados como especies miocenas. Ahora bien, este depósito terciario horizontal no está plegado como el de los esquistos de la cuenca pero sí levantado unos 400 mts. sobre el mar, o sea que a una distancia escasa de 2.000 mts. hay dos isleos terciarios ajustándose a dos movimientos tectónicos distintos, más intenso y antiguo el que corresponde a los estratos más antiguos, y de emergencia con escasa desnivelación en las capas el último, referido a la última base dinámica. Esta hipótesis, se ajusta perfectamente con

la de los levantamientos alpinos; violentos y generales los oligocenos y de emergencia en masa los miocenos. Tal es la razón tectónica que nos decide a clasificar los esquistos de la cuenca como oligoceno, coincidiendo en este mismo sentido todos los demás indicios.

## FLORA DE LA CUENCA DE RIBESALBES

Damos desde ahora la afirmación, prevista en la mayor parte de los estudios de paleofitología, que las determinaciones estratigráficas fundadas en la flora suelen ser poco consistentes por la gran dificultad de reunir, para cada especie, los elementos precisos de clasificación. Y esta dificultad se acentúa en los terrenos modernos por la variación de climas en las provincias y ciclos en las estaciones. Así se explican el constante debate de los tratadistas revisando las clasificaciones descritas y figuradas, en las que a veces puede apreciarse la escasa base para la denominación precisa y el justo fundamento de crítica.

Estas razones expuestas nos obligan a ser más cautos y nuestra seguridad de determinación no llegará, la mayor parte de las veces, más allá del género.

Los ejemplares que se pueden recoger son bastante abundantes, todos correspondientes a las *Fanerógamas* en sus dos ramas *Gimnospermas* y *Angiospermas*; hay carencia absoluta de *Criptógamas*.

A las *Gimnospermas*, dentro de su familia *Coníferas* pertenecen la mayor parte de los ejemplares recogidos y

particularmente a las tribus *Taxodíneas* y *Cupresíneas* que tienen entre sí enlace y relación, pues los brotes terminales suelen ser, en muchos géneros de hojas anchas, aunque lineales, verticiladas en hoja compuesta, mientras que las ramas antiguas se cubren de hojas empizarradas: entre las *Taxodíneas* citamos como géneros *Taxodium* y *Sequoia* y entre las *Cupresíneas* los *Chamaeciparis* y *Thuyles*. De las *Abietíneas*: pinos y abetos, se encuentran pocos restos, pero muy característicos, como son ramos cortos y piñas.

Las *Angiospermas* ofrecen gran variedad aparente, por la multitud de restos que se ven en las yacijas, pero difícilmente determinables, por lo cual la clasificación definitiva hace suponer menor variación en los restos que contiene la cuenca.

De las *Monocotiledóneas* sólo encontramos fragmentos de hojas, algunas seguramente de palmito, y tallos y cañas de otros géneros.

Las dominantes son las *Dicotiledóneas*, y *Apétalas* las únicas representadas en los tres órdenes, *Amentáceas*, *Urticíneas* y *Esculíneas*: sin embargo puede decirse que casi todos los géneros que se encuentran pertenecen a las *Amentáceas* (familias *Cupulíferas* y *Salicáceas*), pues son escasos los restos de los otros órdenes.

De las *Cupulíferas* tenemos los mejores ejemplares en las tribus *Corilácea* (*Ostrya* y *Betula*) y *Quercínea* (*Faginea-Quercus*): la familia de las *Salicáceas* suministra el género *Salix*.

Son precisamente las *Amentáceas* las que nos proporcionan el lazo de unión entre las cuencas de Ribesalbes y Rubielos de Mora por medio de los géneros *Ostrya* y *Salix*.

Del orden *Urticínea* no tenemos más que una familia, la *Ulmácea* que proporciona el género *Ulmus*; del mismo modo ocurre con el orden de las *Esculíneas*, con la sola

familia de las *Aceráceas*, alguno de cuyos ejemplares de *Acer Pseudoplatanus* son preciosos.

Entre los numerosos restos que excluimos por imprecisos parecen poderse determinar con exactitud hojas de otros géneros de *Coriláceas*, como *Castañáceas*, y de *Betula*, y entre las leguminosas el género *Cytisus*.

Por fin citaremos unos frutos (figs. 20 y 21) que figuramos en la esperanza de que más adelante puedan ser precisados; entre ellos uno parece referirse al género *Cerassus*, escasamente citado fósil, inclinándonos en ese sentido la forma de su drupa carnosa, con el hueso, y el pétalo tan largo.

Si se juzga sólo por el número de ejemplares vistos, la flora está casi predominantemente representada por las *Coníferas* (*Taxodíneas*, *Cupresíneas*) con gran diferencia de todas las demás familias, llegando el número de ejemplares a representar el 70 %, mientras que las *Amentáceas* (*Ostrya*, *Quercus*, *Salix*) llegan al 12 %, representando el resto las demás citadas. El exclusivismo de las fanerógamas induce a asegurar que se trata de terrenos terciarios, mientras que el dominio de las coníferas, dentro de la flora terciaria señalada, marca una tendencia al enlace con las floras cretáceas de Portugal, estudiadas por Saporta. La presencia de los palmitos señala un límite inferior oligoceno, contribuyendo a esta apreciación los géneros citados que aproximan la determinación a las cuencas oligocenas de Armisan (Francia) y Bovey-Tracey en Inglaterra, particularmente por el dominio de las *Sequoias*, pero sin que, a nuestro parecer, se pueda decidir por la flora la clasificación oligocena.

El conjunto de los ejemplares, con alguna excepción, indica un clima más lluvioso o húmedo que el actual, y desde luego contiene géneros más septentrionales y de

occidente, como las *Sequoias* y afines, hoy de Norte-América. Todos los restos vistos eran ya caídos.



Fig. 21. Pequeños frutos frecuentemente presentes en los restos de coníferas.



Fig. 22. *Sequoia*: parecida a la *S. Langsdorffii*, Heer.  
En su pie se ven dos impresiones de *Alnus*.





Fig. 21. Pequeños frutos frecuentemente presentes en los restos de coníferas.

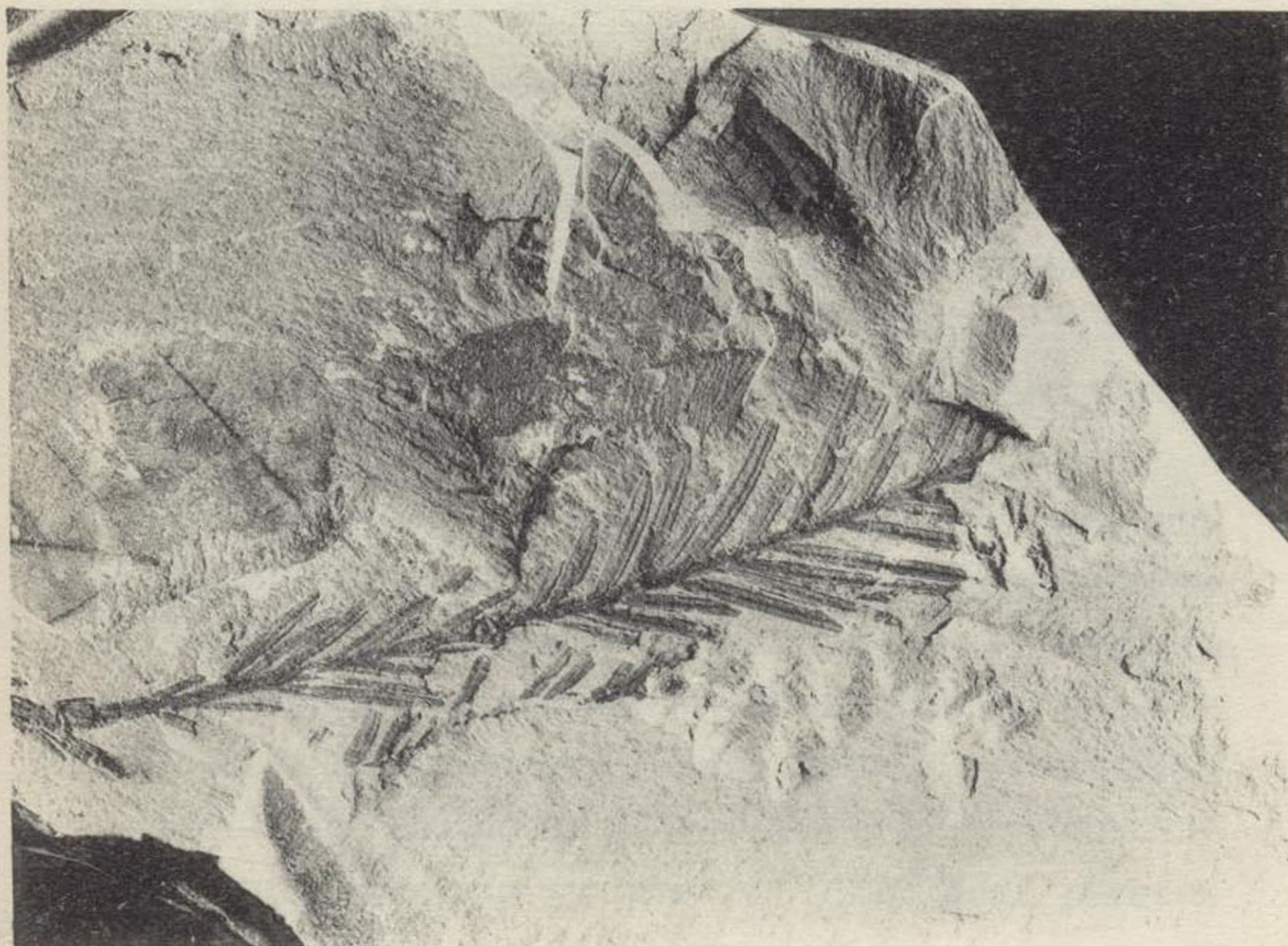


Fig. 22. *Sequoia*: parecida a la *S. Langsdorffii*, Heer.  
En su pie se ven dos impresiones de *Alnus*.



## FANERÓGAMAS (GIMNOSPERMAS)

### FAMILIA DE LAS CONÍFERAS

Esta familia, bien caracterizada por la forma de sus hojas y ramos, está representada por tres subfamilias o tribus: *Taxodíneas*, *Cupresíneas* y *Abietíneas*.

**Tribu de las Taxodíneas.**—Figuran generalmente en este apartado árboles de alguna corpulencia, con la frecuente característica de estar revestidos los troncos de sus ramas de hojas escamosas, alternadas en filas, mientras que los ramos terminales tenían hojas estrechas, hasta lineares pero largas y bastante verticales en la terminación; la disposición de hojas compuestas en espiral; estos ramitos terminales eran por lo general caedizos anuales, o al cabo de varios años.

Los tres géneros que, con esta propiedad, se asemejan más a los nuestros son: los *Taxodium*, los *Glyptostrobus* y las *Sequoias*. Comparados atentamente los ejemplares recogidos con las descripciones y láminas de los géneros citados en la literatura que hemos podido procurarnos, encontramos los *Taxodium* y *Sequoias* como los más parecidos. Entre estos dos grupos de *Taxodíneas* parecen repartidos nuestros restos fósiles.

La reunión en un mismo ejemplar, de tallos basales de hojas empizarradas, ramillas terminales de hojas compuestas y conos de pocas escamas, no la hemos visto realizada más que en la *S. Nordenskiöldi* de Haer.

Los *Taxodium*, dominantes en todo el terciario, tienen dos especies vivientes, el *T. distichum*, Rich en los pantanos de América del Norte y otro en México. La especie más frecuente en el terciario es la *T. Miocenicum*, Heer, que se extendió desde Italia y Sur de Francia hasta el Spitzberg. Las hojas de nuestros ejemplares son más aclaradas que las del *T. Miocenicum* pero la forma redondeada, en algunos de los casos, es la misma.

Las *Sequoias*, aparecidas en el cretáceo, se desarrollan en el terciario y terminan por cumplir, como los *Taxodium*, la ley de emigración hacia occidente en las especies vivientes.

Las *Sequoias*, en la Península Ibérica, han sido citadas por primera vez en el cretáceo de Portugal, por Saporta (*S. lusitanica*, Heer).

En las cuencas oligocenas de Armissan y Bovey son las *Sequoias* bastante abundantes como ocurre en Ribesalbes.

Nuestros restos, que damos en las figuras 22 a 30, se pueden agrupar en tres apartados: las figs. 22, 23 y 24 parecen pináceas, pero la ausencia de ramos cortos y la forma general alejan esa impresión.

Las figs. 27, 28 y 29 tienen hojas muy aclaradas y demasiado estrechas para *Taxodium*, y por fin, las fig. 25, 26 y 30 tienen hojas no pecioladas, como las anteriores, pero cortas y anchas. En la descripción de las láminas hemos dado las mayores semejanzas encontradas.

**Cupresíneas.** -Atribuimos a este grupo todo el conjunto de ramitas escamiformes, cuyas hojitas pequeñas y pun-



Fig. 23. *Sequoia*: parecida también a la *S. Langsdorffi*, Heer.

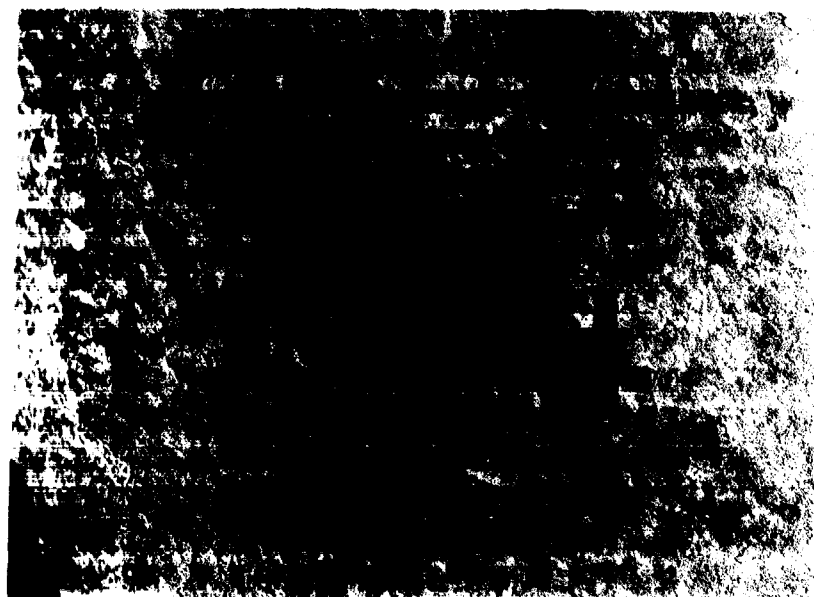


Fig. 24. Ramos terminales de *Taxodium* recordando el *Taxites Otriki*, Heer.



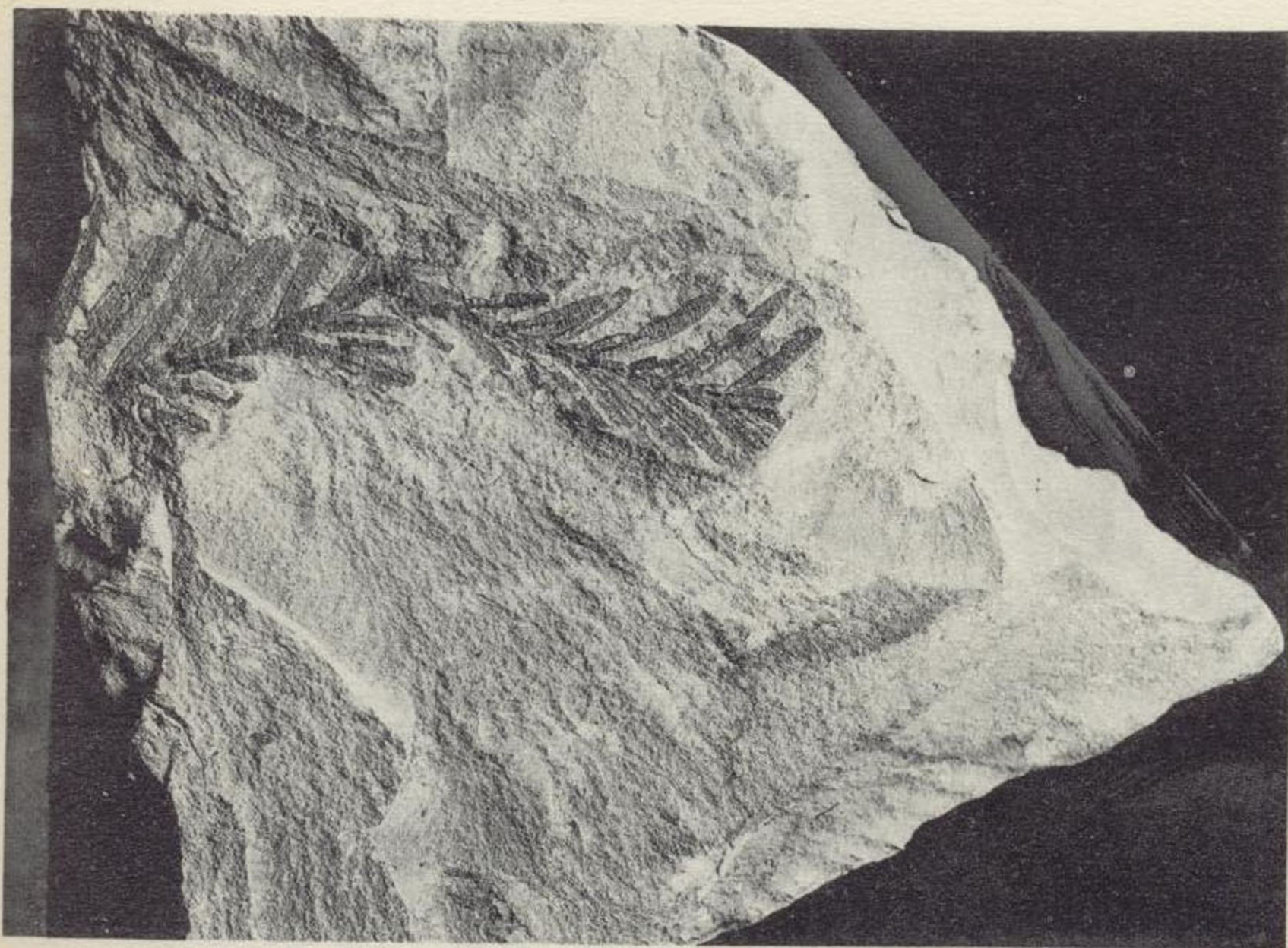


Fig. 23. *Sequoia*: parecida tambien a la *S. Langsdorffi*, Heer.



Fig. 24. Ramos terminales de *Taxodium* recordando el *Taxites Otriki*, Heer.



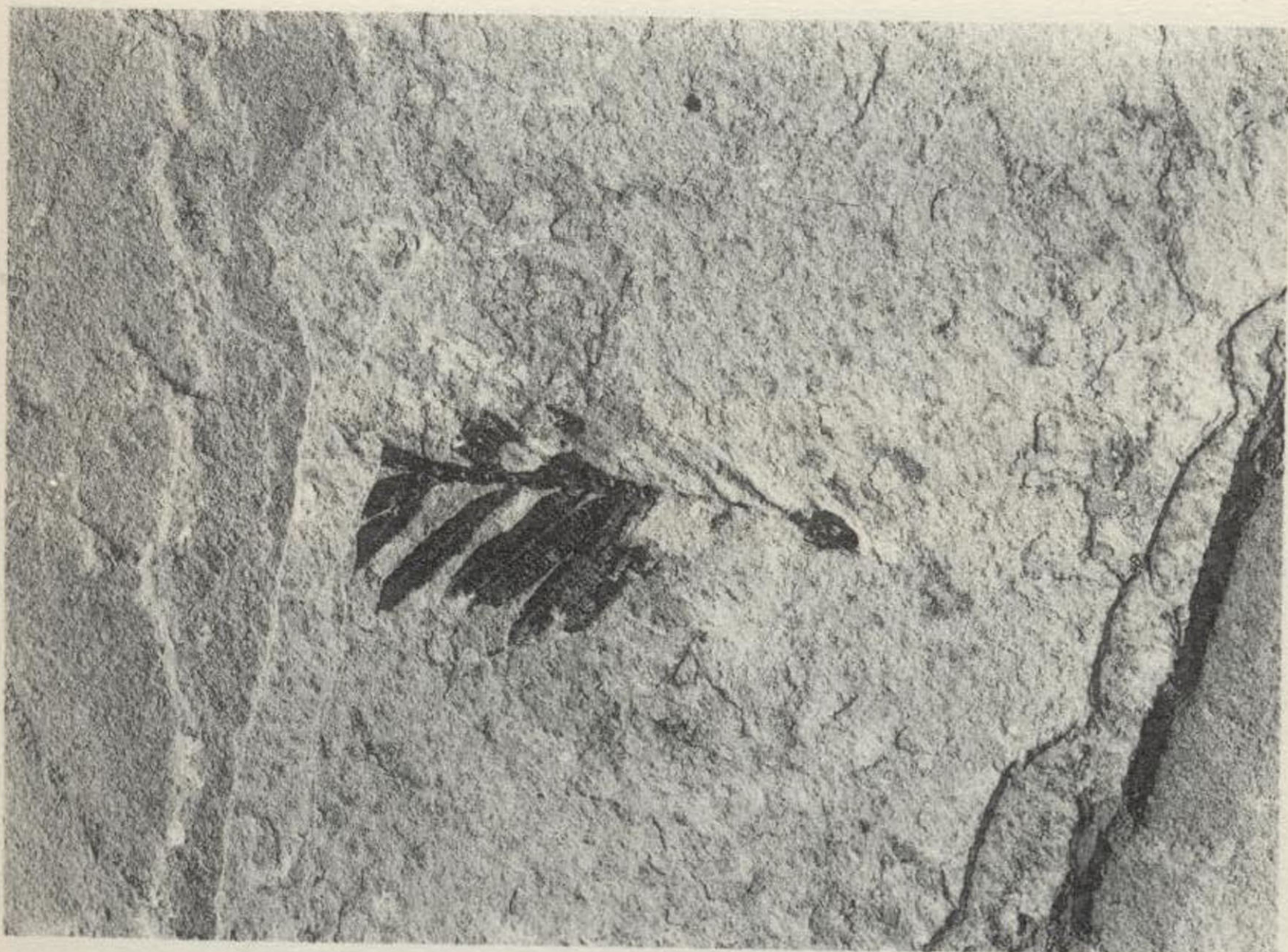


Fig. 25. Ramos terminales de *Taxodium* recordando el *Taxites Otriki*, Heer.

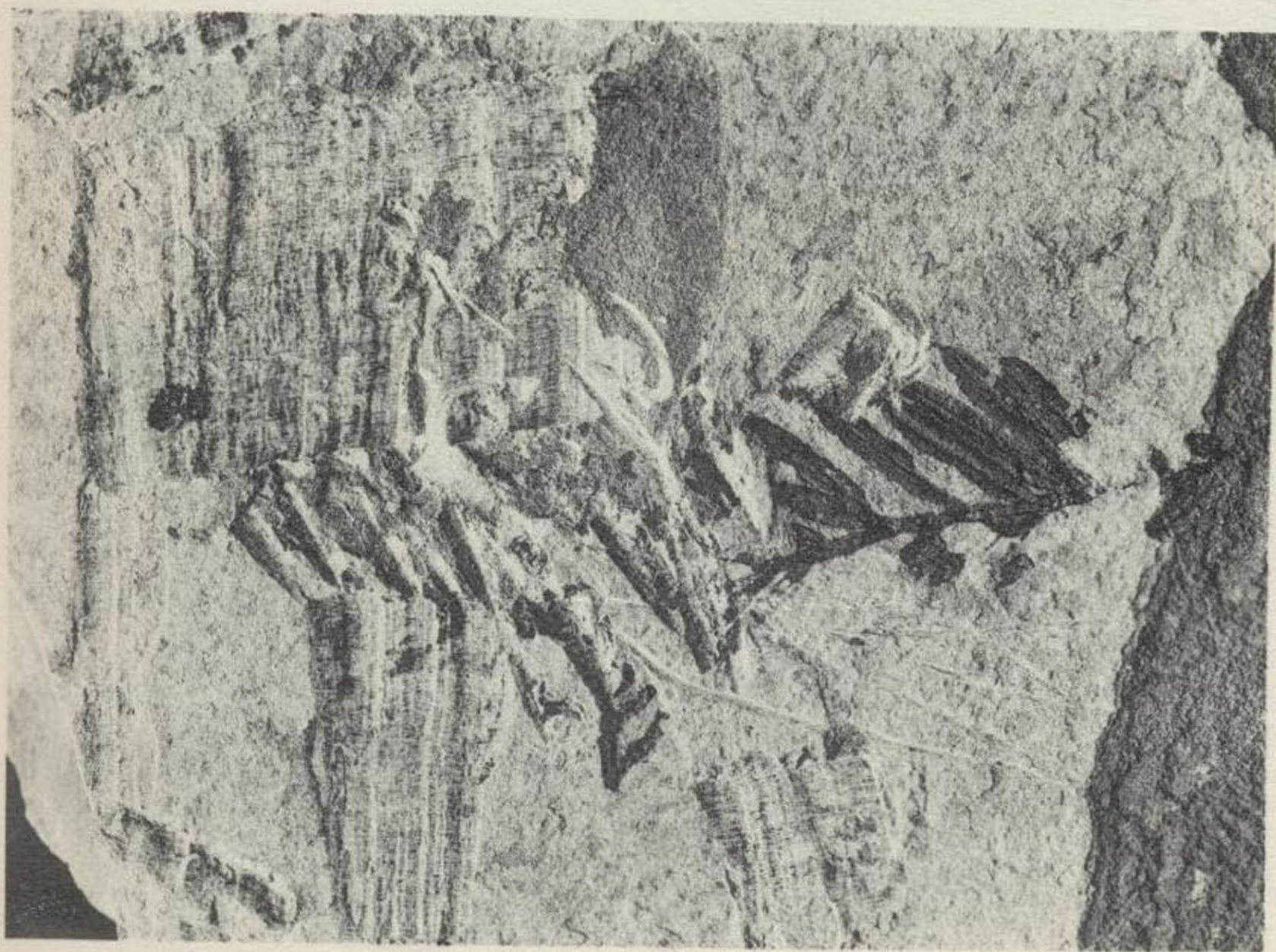


Fig. 26. *Taxodinea* de hoja ancha.





Fig. 27. *Taxodinea* de hoja estrecha, parecida a la *Sequoia angustifolia*, Heer.



Fig. 28. Ejemplar de *Sequoia* muy parecido a la *S. rigida*, Heer.



Fig. 29. Ejemplar de *Sequoia* muy parecido a la *S. rigida*, Heer.





Fig. 30. *Sequoia*. Cono abierto por aplastamiento, mostrando cuatro escamas del vertice a la inserción. Tiene gran semejanza la *S. Conttsiae*, Heer. (Oligoceno de Bovey).



tiagudas se aplican sobre el tallo en varias series de verticilos alternados.

No habiendo podido señalar de un modo concreto las escamas ovulíferas en los ejemplares recogidos, no podemos precisar la diferencia entre nuestras *Taxodíneas* en sus ramas inferiores, y algunas de las *Cupresíneas* que ofrecemos.

En realidad y teniendo en cuenta que todos los géneros de esta tribu son bastante polimorfos, no queda más elemento de juicio que las disposiciones verticiladas en columnas, de las hojas más o menos puntiagudas o rombales que revistan los troncos. En esta necesaria indeterminación se encuentra siempre parecido entre: *Chamaecyparis*, *Cupressus*, *Sabina*, *Callitris*, etc. y a esto sin duda obedece la formación de géneros que, como el *Thuyites*, Brong, no contiene más que restos de ramas terminales de estas coníferas.

En esta situación quizás pudiese resultar lógico el aproximar los restos encontrados a las sabinas actuales, que hoy se encuentran en la costa de Levante sobre los llanos de Ribesalbes, pero en realidad la forma de dicotomización de los ramos nuestros es mucho más parecida al *Chamaecyparis*, y por otra parte nunca hemos visto las hojas puntiagudas y bien separadas que suelen ser tan características en el grupo *Juniparus*, L. Por estas consideraciones, que a un tiempo son salvedad de imprecisión, encasillamos nuestros géneros entre los *Chamaecyparis*, *Cupressus* y *Thuyites*, marcando en las láminas (figs. 31 a 37) las semejanzas encontradas con otros géneros.

CHAMAECYPARIS. Spach.—Ramas alternantes, ascendentes u horizontales. Hojas cortas dispuestas en cuatro filas, en verticilos alternados de dos en dos. Hojas puntia-

gudas, más aciculares al parecer cuanto más inferiores; en cambio las hojas faciales suelen ser rómbicas. Conos esféricos. Es género bastante poliformo. Habita regiones montañosas. Japón y Carolina. La *C. europaea*, Sap. en el oligoceno y mioceno de Norte-América. Todos los restos encontrados por nosotros eran caídos.

En el *Cupressus*, las ramas son ascendentes u horizontales, hojas en columna verticilada, de dos o tres. Cuando las ramas son más antiguas se distancian y alargan las hojas, separándose. Los frutos son esféricos, de pocas escamas leñosas.

**Abietíneas.** —Aunque mucho menos representadas que las otras tribus de las coníferas, los restos son frecuentes y su identificación indudable, no sólo por la forma de los ramos, sino por la existencia de los braquiblastos y frutos. Se encuentran dos géneros: *Pinus* y *Abies*. El primero con sus piñas ovales y ramos cortos y el segundo con las piñas alargadas (figs. 38 a 44).

Granos y escamas son abundantes, en las yacijas de las *Sequoias* y *Sabináceas* (figs. 24, 25, 28, 29 y 30). Es indudable que hay un enlace de semejanza entre las hojas de estos pinos y las de algunas *Sequoias* y *Taxodium*.

En el oligoceno de Armisan abundan también las *Abietíneas*.

### MONOCOTILEDÓNEAS

Sus restos son escasos y únicamente pueden referirse a la clase de las Monocotiledóneas algunos fragmentos de hojas ensiformes de nerviación paralela, que recuerdan, de un modo muy llamativo, hojas de palmito, sin que nos

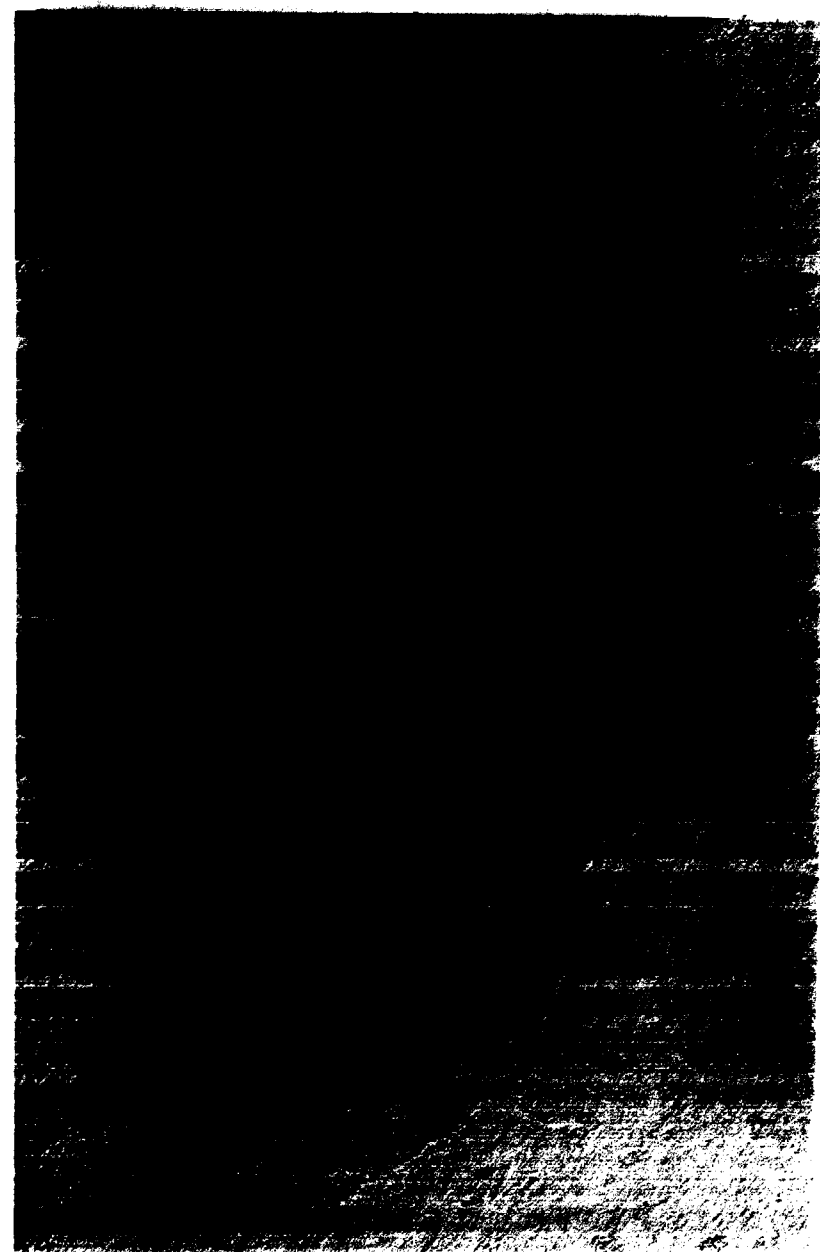


Fig. 31. *Cupresíneas*. Ramo frondoso de *Chamaecyparis europaea*, Lap. (?)





Fig. 31. *Cupresineas*. Ramo frondoso de *Chamaecyparis europaea*, Lap. (?)





Fig. 32. Ramo de *Chamaecyparis* parecido a la *Biota*.  
Escamas en cuatro filas con tendencia a hojas.

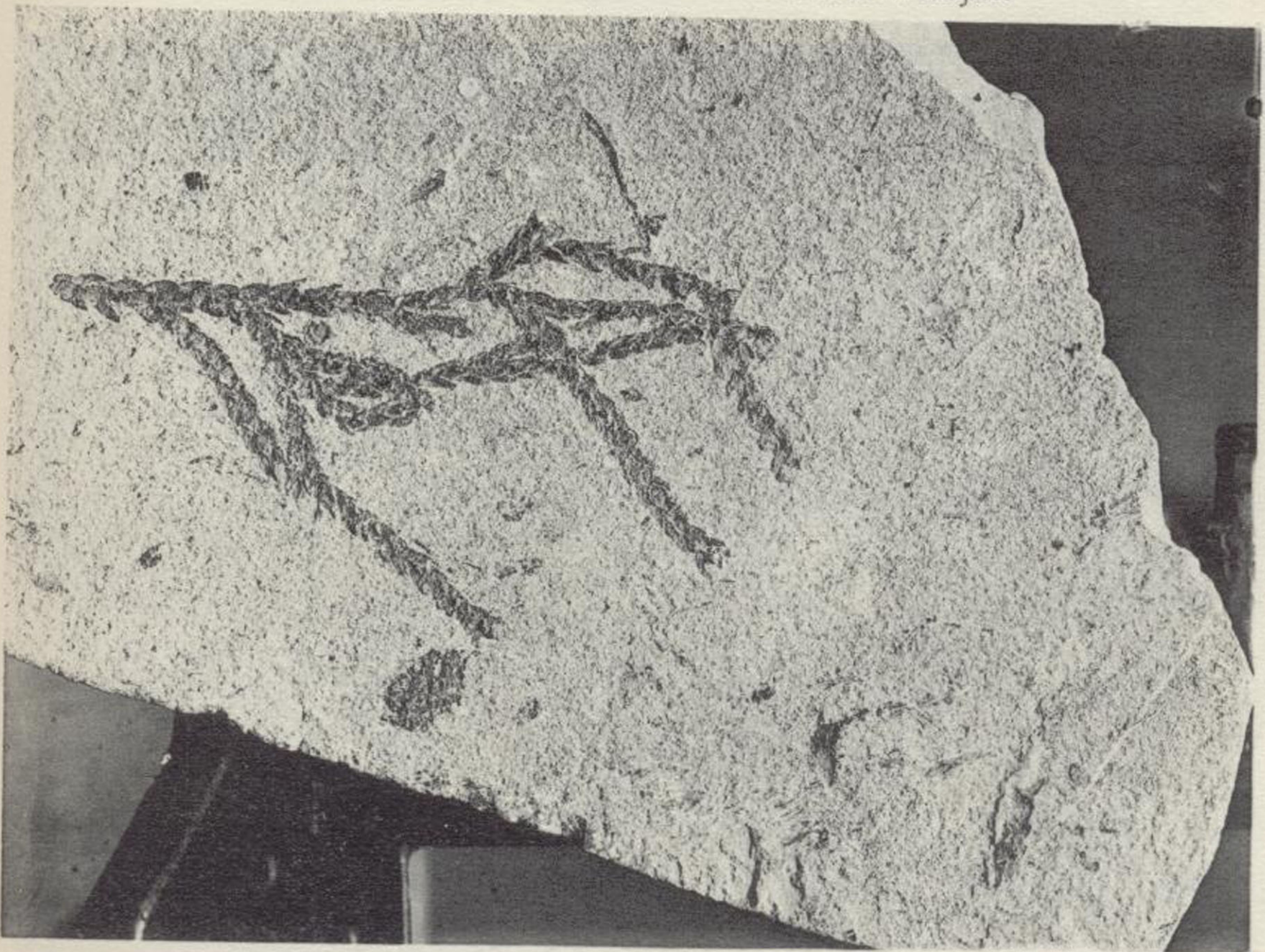


Fig. 33. *Cupresinea*. Gran parecido con la *Libocedrus saliniana*, Heer.





Fig. 34. Tallo con escamas agudas y muy separadas mostrando su transito a hojas.



Fig. 35. Fragmento de ramo muy semejante al *Thuyites Oosteri*, Heer. (?)

Fig. 36. Ramo parecido al *Thuyites Callitrina*, Ung.



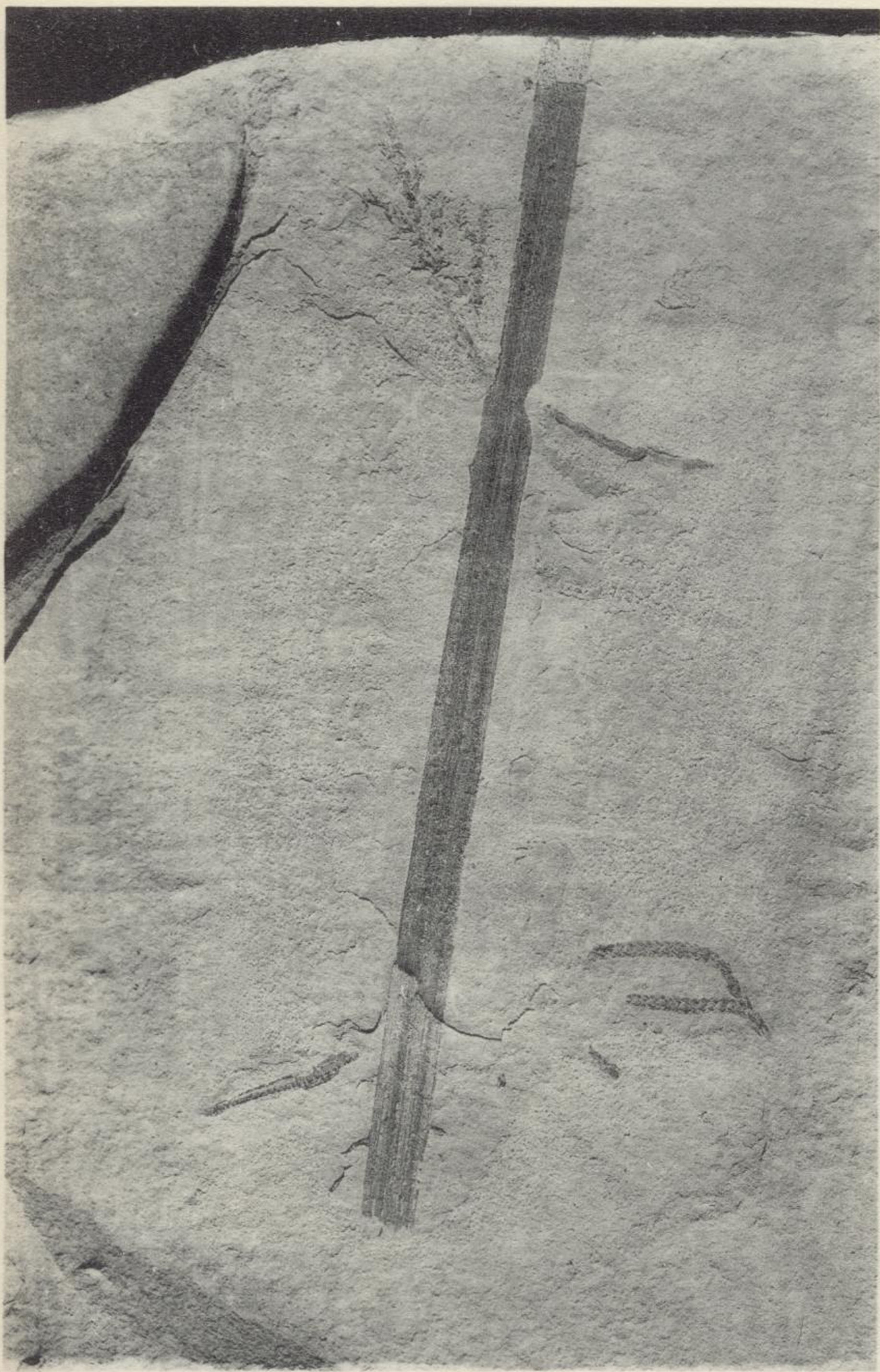


Fig. 37. *Cupresineas*. Ramitis de Thuyites y tallo de *Monocotiledoneas*.



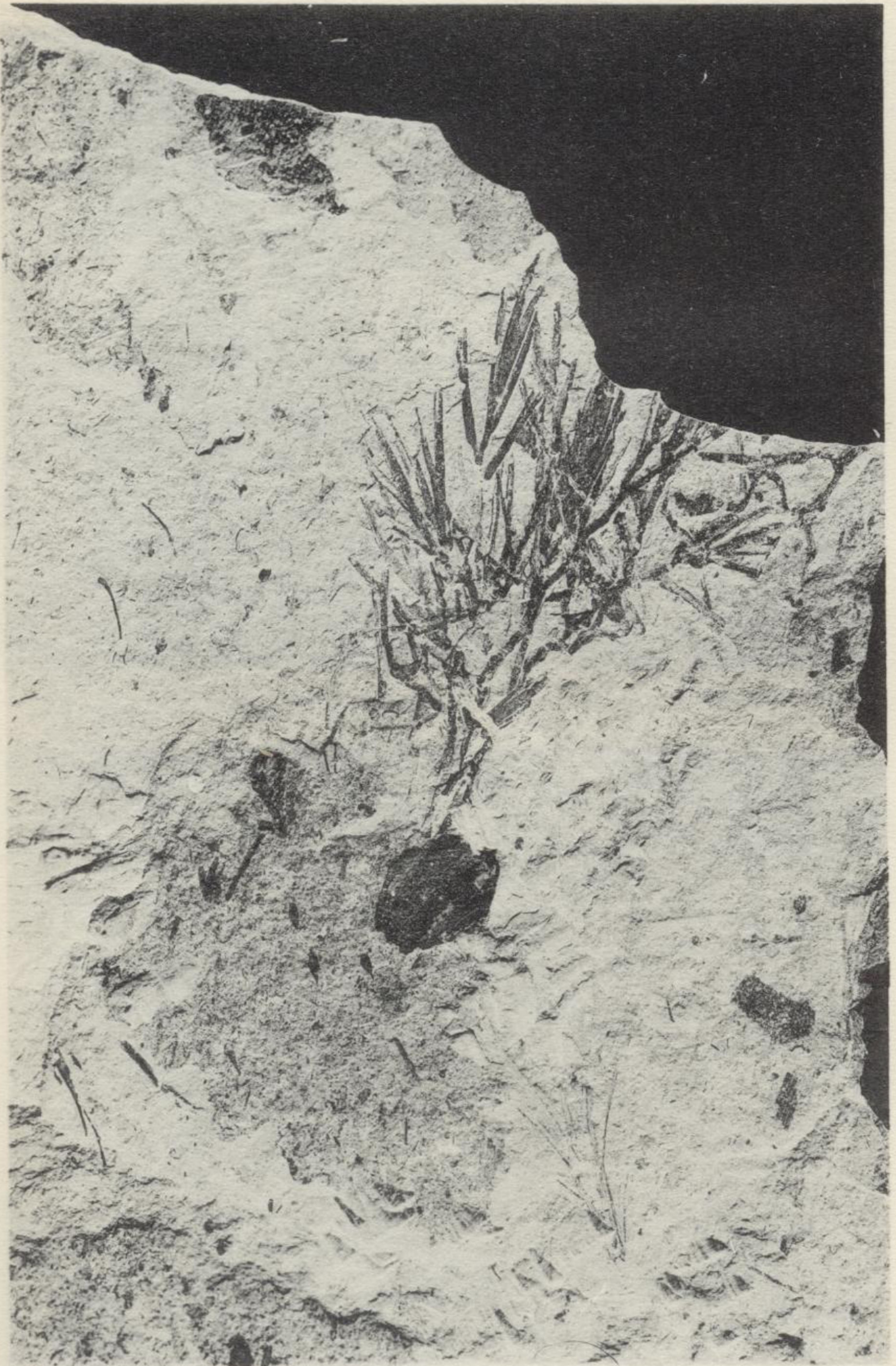


Fig. 38. *Abietineas*. Ramo de Pino picea (?) con granos y escamas sueltas.



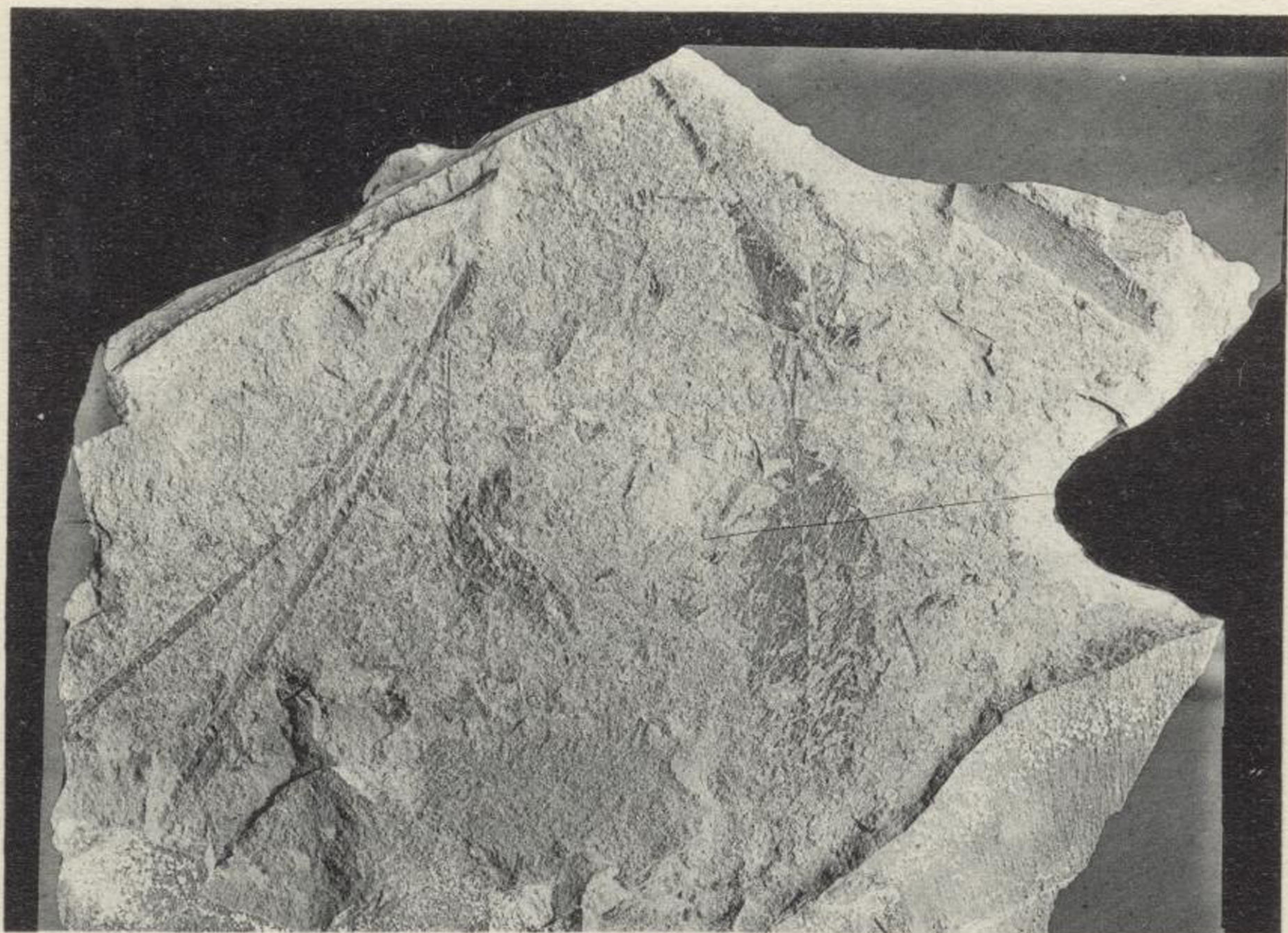


Fig. 39. *Abietineas*. Braquistemito con impresiones dicotiledoneas.



Fig. 40. *Abietineas*. Braquistemito con *Cupresineas*.



atrevamos a fijar género, pero sí se puede asegurar la familia de las palmáceas (fig. 45).

También hemos recogido tallos (fig. 36) y trozos de madera, compuestos de fibras finas, representando las extremidades de los haces vasculares.

Por fin, quizás pudiesen referirse a las monocotiledóneas los frutos de las figs. 46 y 47 que parecen de *Nipa* o sea afines a las palmeras.

### DICOTILEDÓNEAS

Esta clase se encuentra ampliamente representada en el yacimiento de Ribesalbes, pero, al contrario de lo que ocurría con las coníferas, la abundancia de dicotiledóneas se refiere más a la diversidad, y aun cuando no citemos más que 4 familias: *Cupulíferas*, *Salicáceas*, *Ulmáceas* y *Aceráceas*, hay un número muchísimo mayor de restos que dejan adivinar clasificaciones muy diversas, pero sin que nos atrevamos a concretar más que las citadas.

En el orden de las *Amentáceas* se nos ofrecen dos familias: *Cupulífera* y *Salicácea*, que, aparte de su valor intrínseco, tienen el de servir de enlace con la flora de Rubielos de Mora. Son eslabones foliáceos, entre ambas cuencas, hojas de *Ostrya* (fig. 48) y de *Sauce* (fig. 49).

### CUPULÍFERAS

En esta familia creemos asegurar dos tribus: *Betuláceas* y *Coriláceas*. Figuran entre las primeras, hojas de nerviación bien penada, craspedodroma y de nervios rectos y paralelos, las suponemos de los géneros *Alnus* y *Betula* (fig. 50).

El grupo de las *Coriláceas* está representado en Ribe-



salbes por hojas de *Ostrya* y otras bastante afines, que podrían referirse al género *Carpinus*.

Merece atención el precioso ejemplar figurado en la figura 51 que clasificamos como *Ostrya Atlantidis*, Ung, por ajustarse a la descripción y figura que da Saporta (Manosque, pl. XV, fig. 12).

Las hojas, con peciolo muy corto, son obtusas y hasta redondeadas por su parte inferior, y lanceolado elípticas o acuminadas en el vértice, y los bordes están ocupados por una corona doblemente dentada, de dientes pequeños y otros mayores y más agudos, alternados, ocupando ambos las dicotomizaciones finales de las nervaduras. Estas son plumeadas, paralelas, de inserción algo aguda en el eje, y en número de 15 a 18 pares.

Algunas otras hojas de *Ostrya* son bastante parecidas a la *O. Numiles*, Sap., del yeso de Aix (oligoceno inferior) y a la *O. Tenerrina* Sap., del oligoceno medio de St. Zacharie y del oligoceno superior de Armisan.

La *O. Atlantidis*, Ung, es del mioceno inferior según Saporta.

En la cuenca de Rubielos, además de las hojas de *Ostrya*, hemos encontrado, entre las *Coriláceas*, otras de *Corylus* muy bien caracterizadas y hasta frutos con peciolo.

En la tribu de las *Quercíneas* encontramos varias hojas coriáceas, y con algunas espinas, de bordes lobados o acanalados; en esta determinación recordamos que la mayor parte de las hojas de las quercíneas actuales ofrecen muchas variaciones de forma hasta en el mismo individuo y en ramas semejantes de la misma especie (figs. 52 y 53).

Nuestra hoja (fig. 52) se parece a la *Quejigota* por tener toda la parte inferior del limbo en borde liso, mientras está dentado y espinoso el contorno del tercio superior, siendo la nerviación poco marcada, craspedodroma.

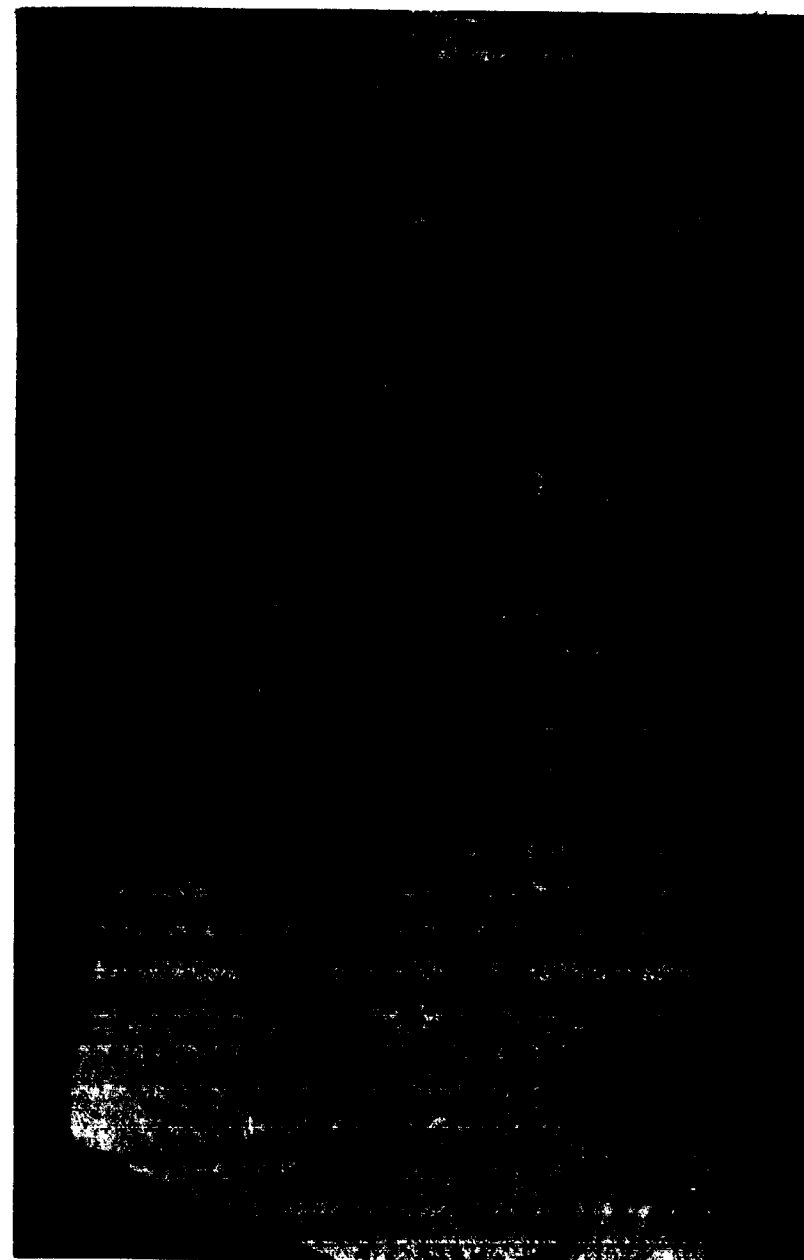


Fig. 41. *Abietíneas*. Dos ramos cortos de pino y una piña de abeto.





Fig. 41. *Abietineas*. Dos ramos cortos de pino y una piña de abeto.





Fig. 42. *Abietineas*. Cono de *Pinus pinea*. (Forma oval característica del pino piñonero.)



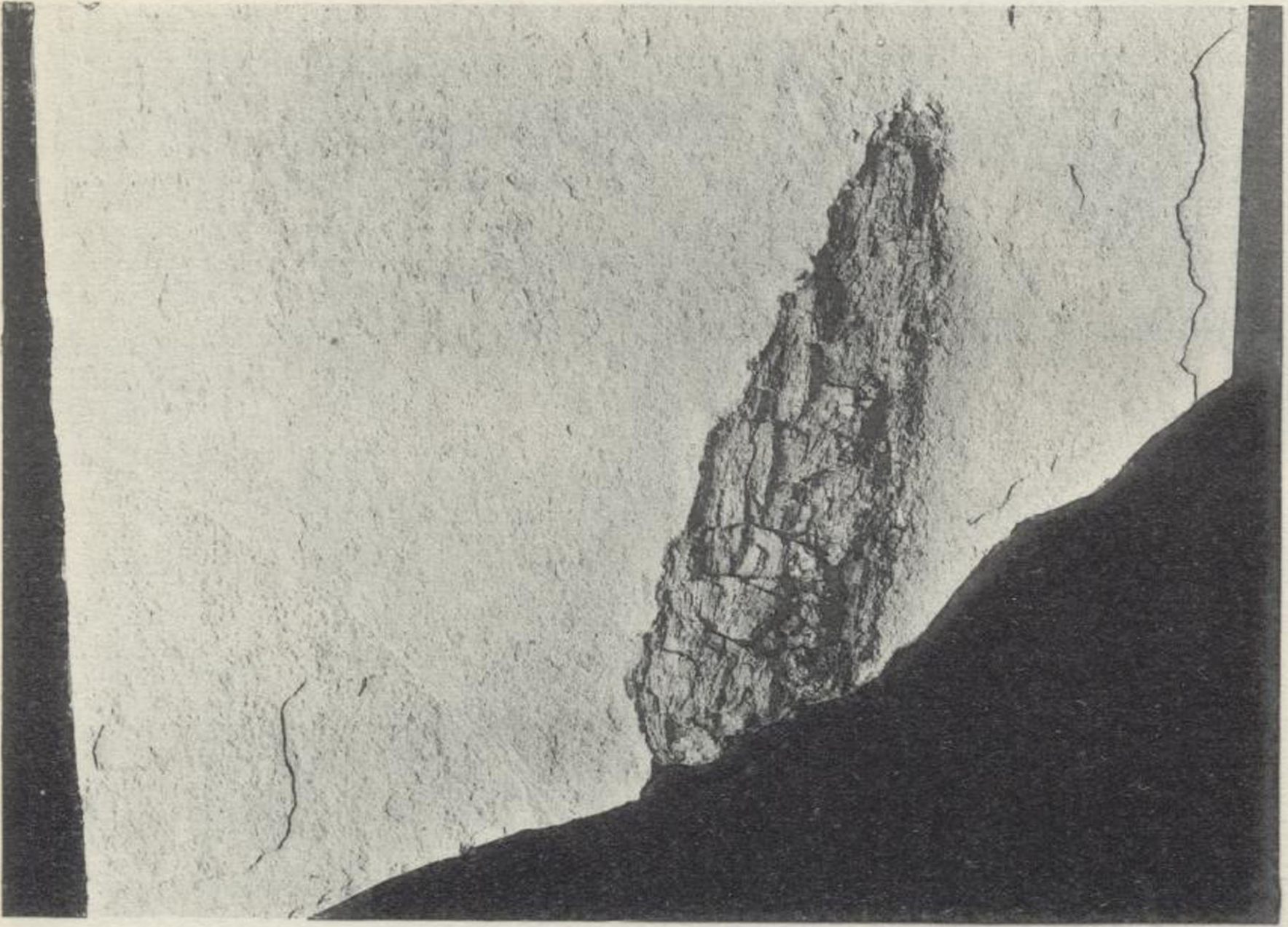


Fig. 43. Cono de *Abies* de forma alargada, con señales paralelas de las hojas coriáceas.

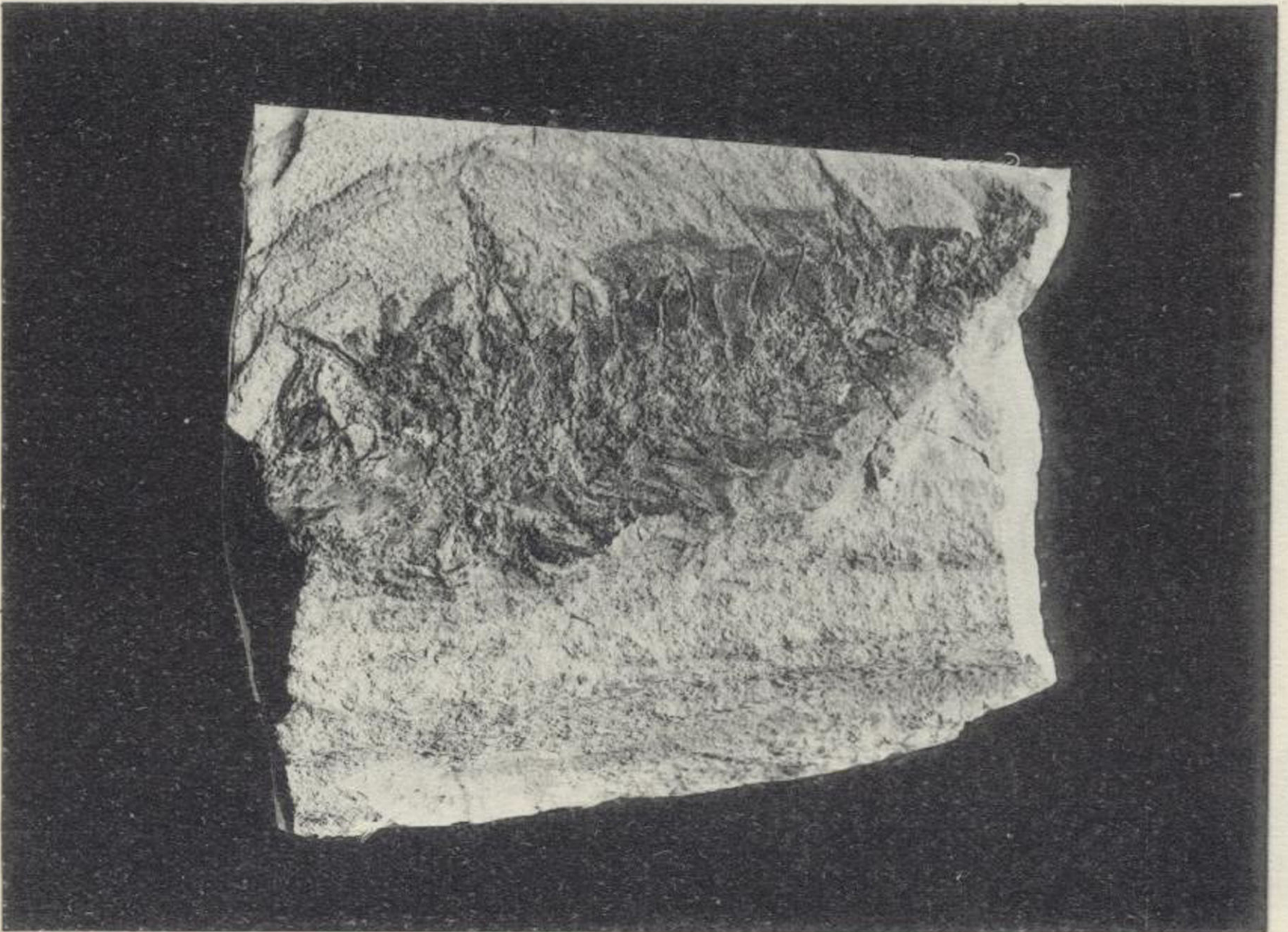


Fig. 44. Cono de *Abies* de forma alargada.



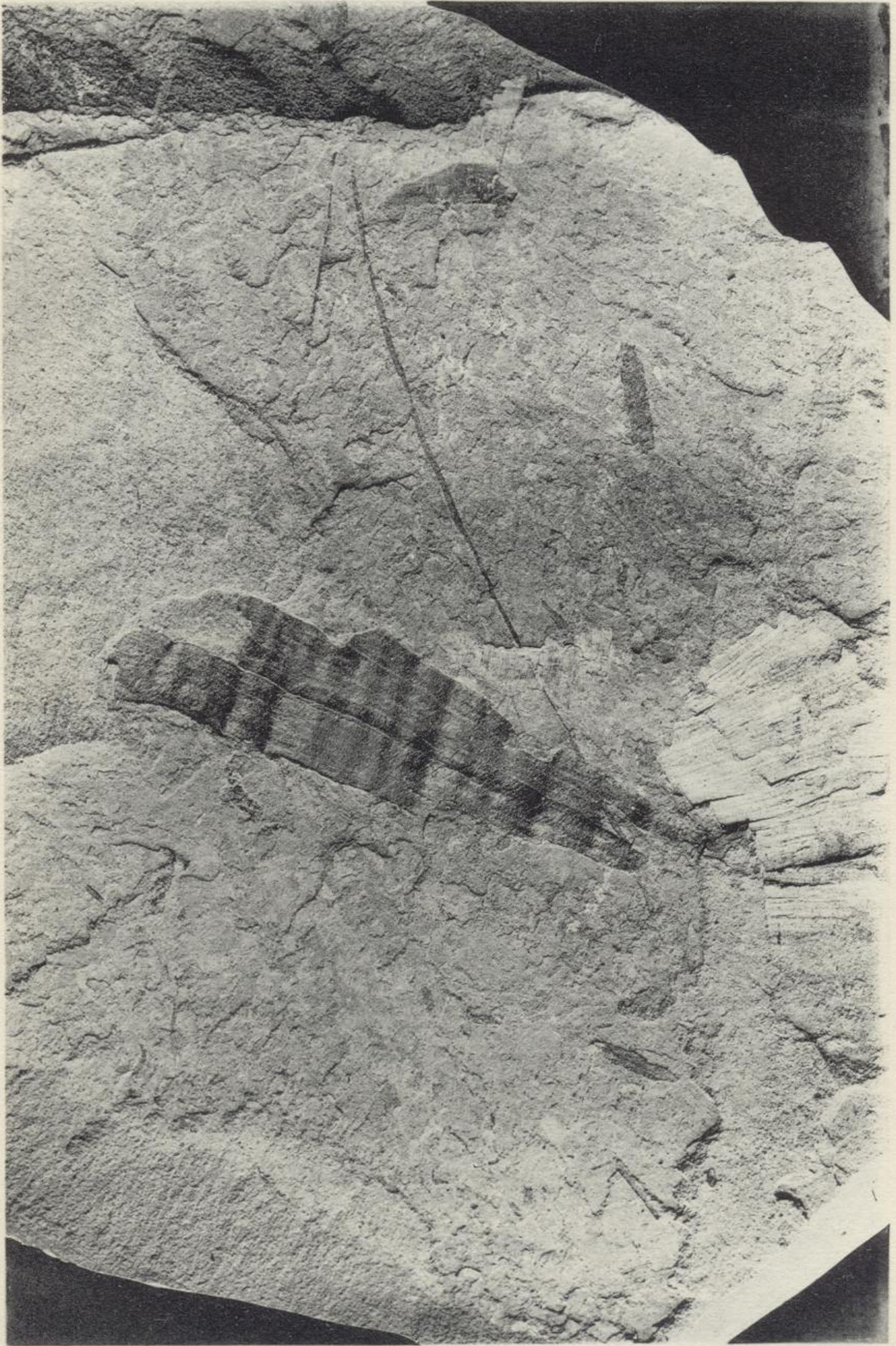


Fig. 45. *Monocotiledoneas*. Género *Chamaeros* (?). Extremo de una hoja de palmito.





Fig. 46. Involucros pedunculados que se asemejan a conos de *Cupresaceas* (*Cupresus*.)

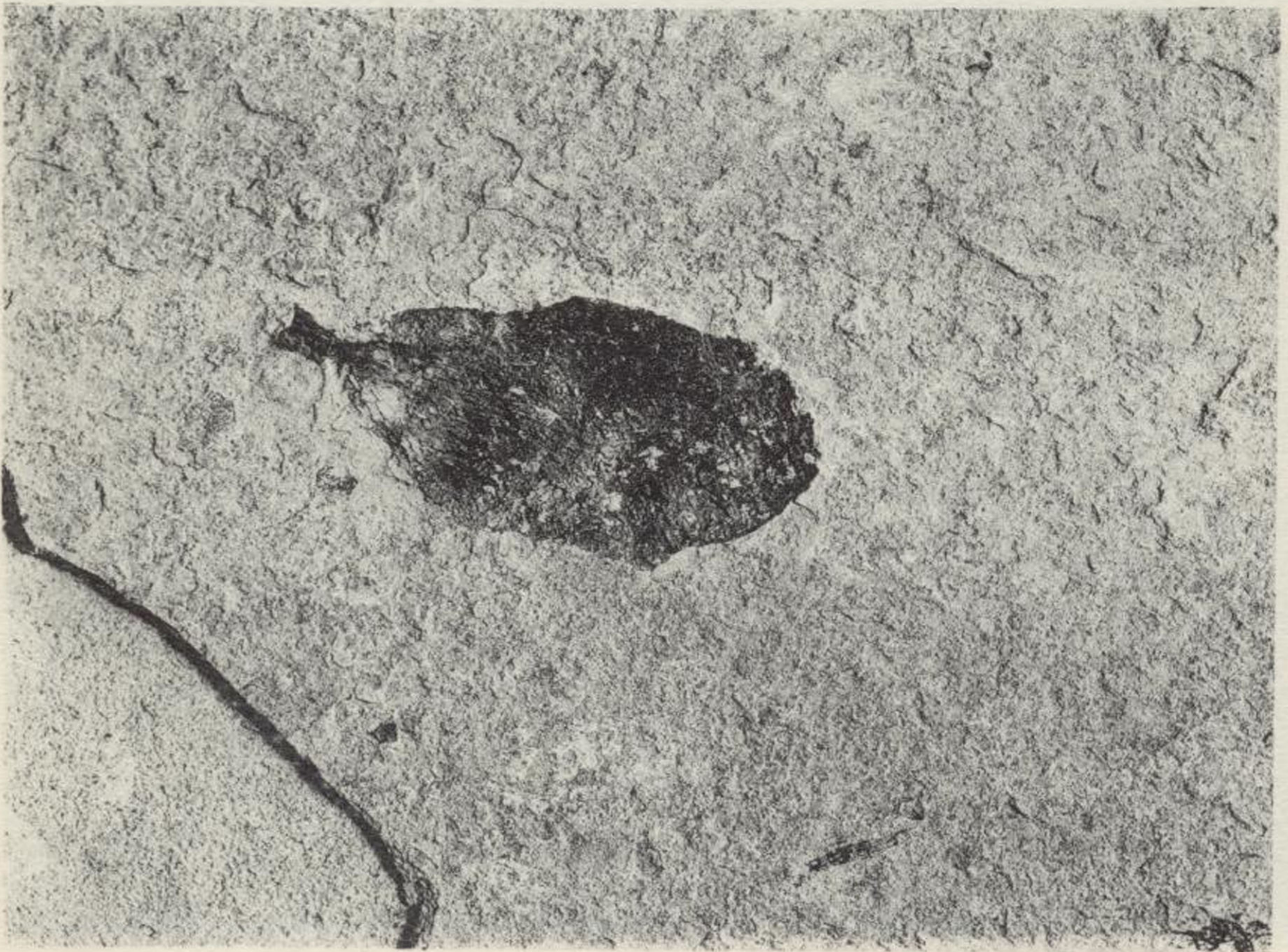


Fig. 47. Involucros pedunculados que se asemejan a conos de *Cupresaceas* (*Cupresus*.)





Fig. 48. Orden *Amentaceas*: familia *Cupulifera*: tribu *Corilacea*. Hojas de *Ostrya*.



En la misma lámina hay varias espinas de rosáceas. Tenemos hojas de quercus alargadas, pero en esas es imposible la determinación específica (fig. 54).

### SALICÍNEAS

Las hojas de *Salix* son mucho más abundantes, y mejor conservadas, en Rubielos que en Ribesalbes, pero en ambos sitios el género parece indudable. Las hojas tienen una nerviación media fuerte, con muchos nervios secundarios desiguales, insertos en ángulos muy abiertos. Los nervios más largos que van hacia el borde, se terminan por un arco cóncavo hacia arriba dando lugar a la nerviación camptodroma y se vuelven a reunir paralelamente al borde, (fig. 55).

La figura es más bien lanceolada en las especies de Ribesalbes; en Rubielos hay muchas hojas oblongas o elípticas, lisas o dentadas sencillas.

Son muy frecuentes en el terciario.

### ULMÁCEAS

Referimos al género *Ulmus* hojas de nerviación camptodroma, peninervadas, por lo general de 6 nerviaciones secundarias, bastante verticales y alternadas, más fuertes en la base.

La inserción es desigual, quedando bien señalada la hoja inequilátera (fig. 56).

### ACERÁCEAS

Son muy abundantes en todo el terciario, desde el oligoceno inferior.



Atribuimos al género *Acer*, en su especie *Pseudoplatanus* la hoja palmitilobada de la fig. 57 que es de las más delicadamente impresas que hemos encontrado.

Este ejemplar parece dar un índice de modernidad, pues se encuentra viviente en el Sur de Europa.

Algunas otras hojas palmecadas, incompletas, se duda si incluirlas entre los *Acer* o los *Populus*.

#### FRUTOS NO CLASIFICADOS

Reunimos en este apartado los frutos de las figuras 20, 21, 46 y 47.

Los de las figuras, 46 y 47, involucros penduculados, se parecen a conos de cipreses, pero sus estrías longitudinales y el ensanchamiento en las inserciones nos hacen dudar fundadamente.

También recuerdan a frutos de *Nipa*, grupo de *Monocotiledóneas* afín a las palmeras.

La fig. 20 la incluimos, de un modo dubitativo, en la familia de las *Amigdaláceas*, género *Cerassus*. Nos inclinan en este sentido la longitud y debilidad de los pedicelos, lo redondeado e igual de las drupas carnosas y la presencia de los huesos internos. Si bien es cierto que las cerezas, en las especies más corrientes, se insertan en racimo, con todos los pedúnculos en un solo sitio, también hay variedades en que se reparten en varios sitios del tallo. Otra objeción importante sería la escasez de estos restos al estado fósil y por estas razones nos decidimos a dar la figura con denominación dudosa.

Los frutos pareados de la fig. 21 es difícil suponer con fundamento a qué género se refieren; los vemos unidos a granos de *Cupresíneas*.

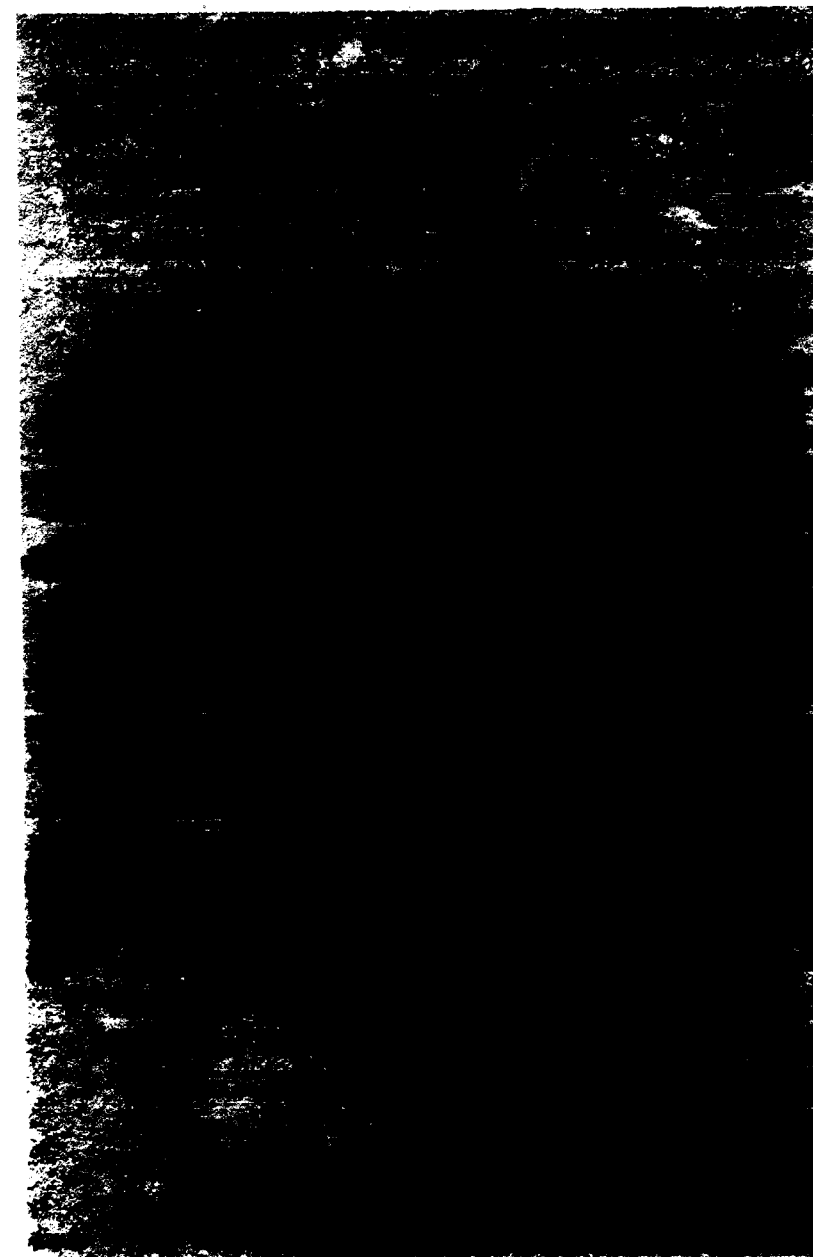


Fig. 49. Orden *Amentaceas*: familia *Salicinea*: Hojas de *Salix*.





Fig. 49. Orden *Amentaceas*: familia *Salicinea*: Hojas de *Salix*.





Fig. 50. Orden *Amentaceas*: familia *Cupulifera*: tribu *Corilacea*.  
Impresiones que atribuimos a los géneros *Alnus* o *Betula*.



Fig. 51. Tribu *Corilacea*. *Ostrya atlantidis*, Ung.



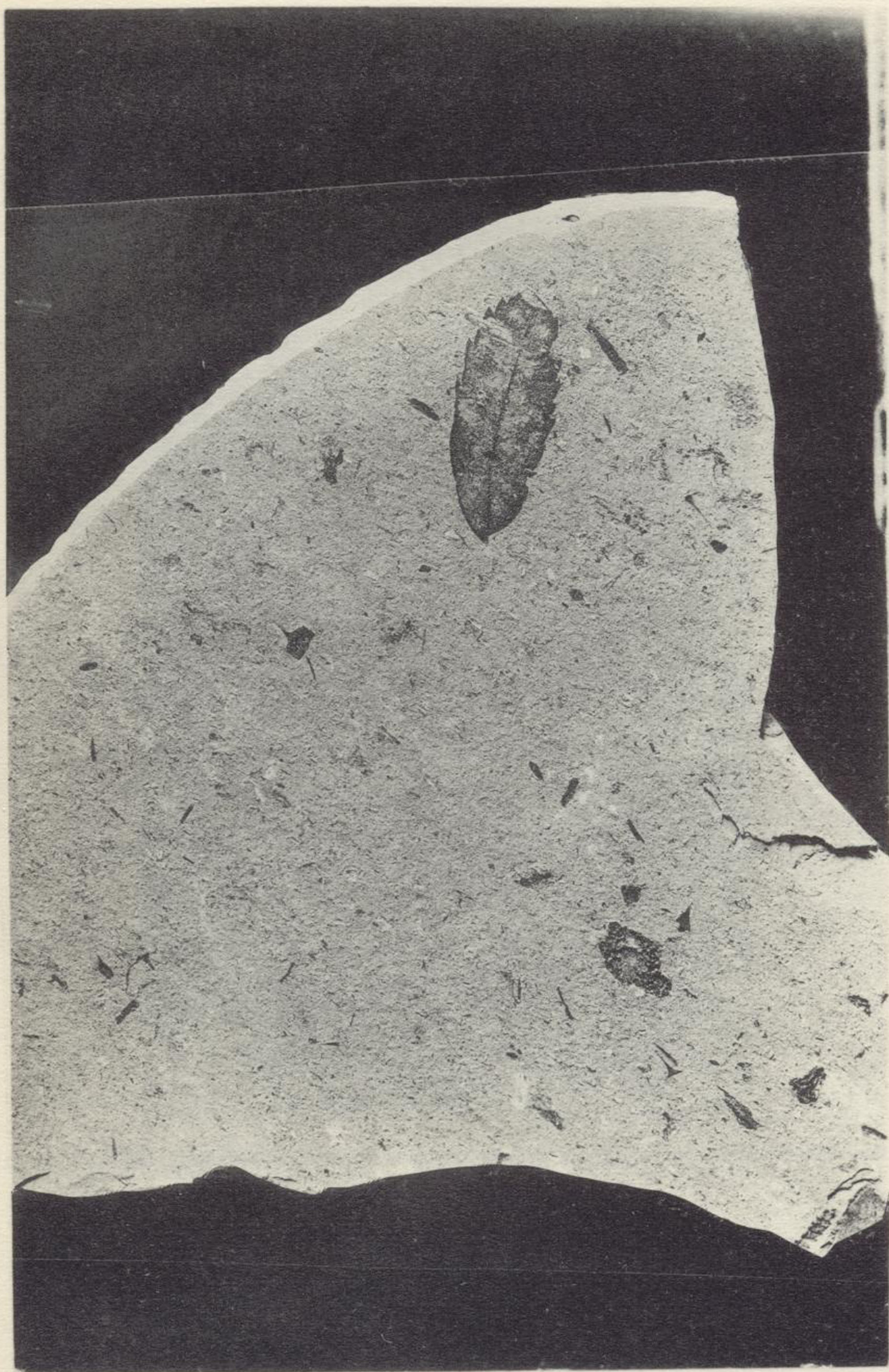


Fig. 52. Orden *Amentaceas*: familia *Cupulifera*: tribu *Quercinea*: género *Quercus*.  
El ejemplar parece *Quercus humilis* (quejigüeta) y en la misma placa se ven espinas de rosáceas.





Fig. 53. Orden *Amentaceas*: familia *Cupulifera*: tribu *Quercinea*: género *Quercus*.





Fig. 54. Impresiones foliaceas alargadas que atribuimos a *Quercineas* o *Castañaceas*.



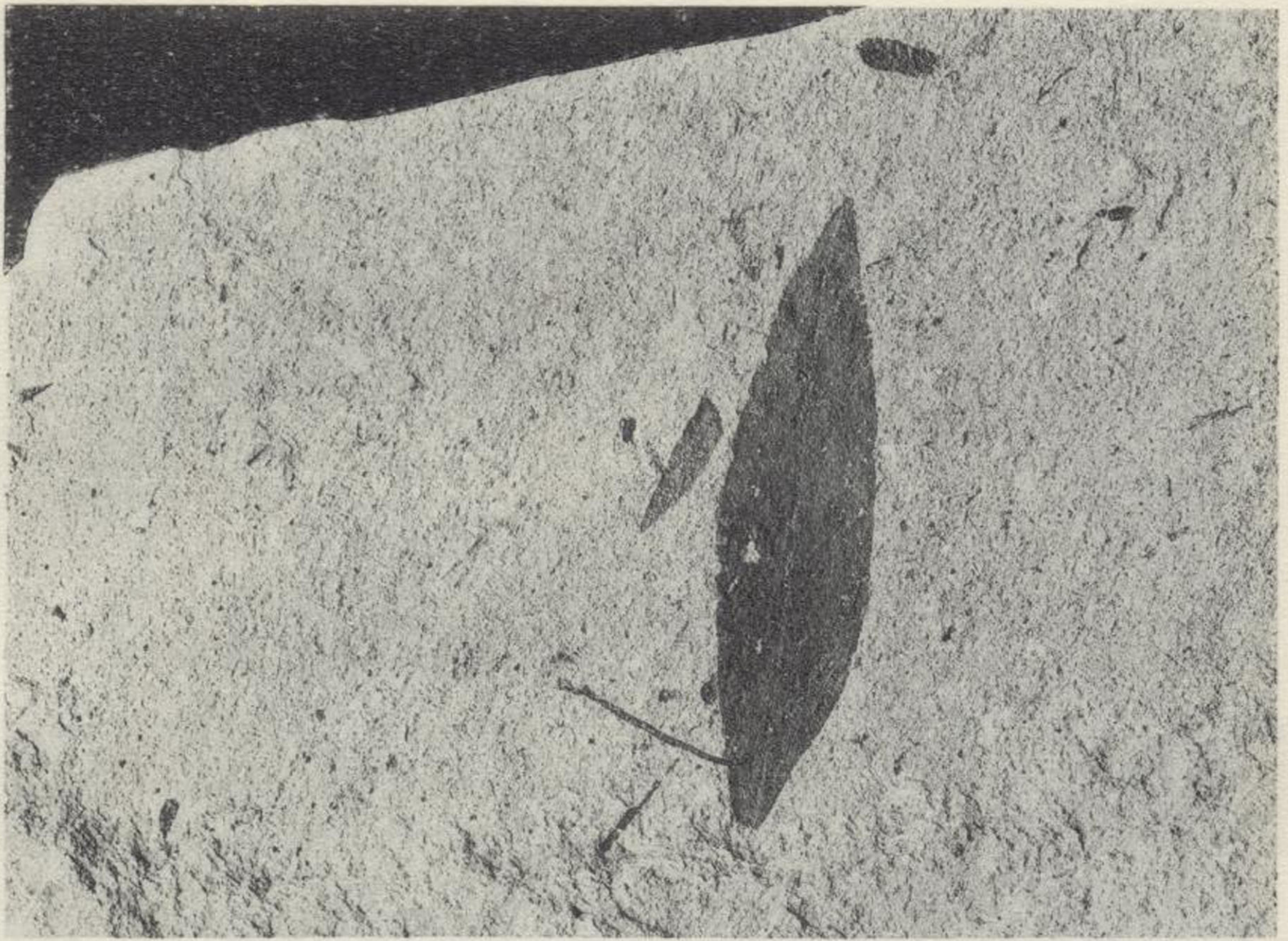


Fig. 55. Orden *Amentaceas*: familia *Salicineas*: género *Salix aquensis*, Sap (?).



Fig. 56. Orden *Urticineas*: familia *Ulmacea*: género *Ulmus*.  
Se aprecia bien la inserción desigual.



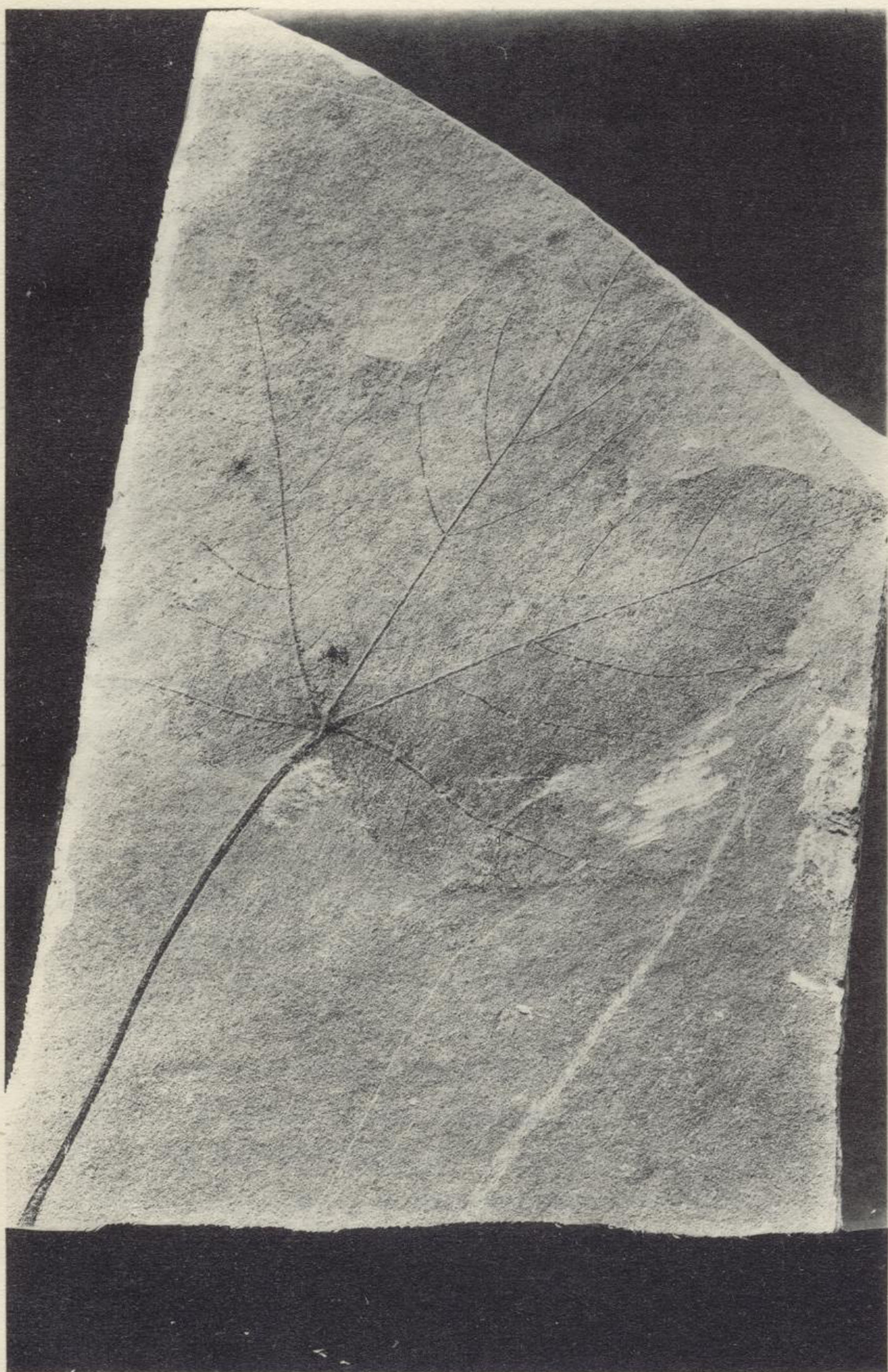


Fig. 57. Orden *Esculineas*: familia *Aceracea trifoliada*: especie *Acer pseudoplatanus*.



## FLORA DE RUBIELOS

Aun no siendo este lugar apropiado, diremos en dos palabras, que las familias dominantes en Rubielos son las *Cupulífera* y *Salicínea*. Las hojas de *Ostrya* y avellana se encuentran en una magnífica conservación, habiendo encontrado también avellanas enteras con pedúnculo.

Las hojas de Sauce son verdaderamente modelo de conservación, pues ofrecen en la substancia verde rojiza de la planta hasta las últimas divisiones y celdillas de las dicotomizaciones continuadas de los nervios terciarios, hasta formar los plexos o redes que forman el esqueleto de estas hojas.

Por lo general los restos son abundantísimos, aunque es difícil obtener hojas completas. Todos se refieren a la clase de las *Dicotiledóneas* y por lo general tan bien conservados, en cuanto a materia, que conservan el color rojizo o verdoso de la clorofila y así se dibujan finamente, en obscuro, sobre los esquistos más claros.

Tanto en el caso de Ribesalbes como en el de Rubielos de Mora (Teruel) creemos debía de hacerse una recogida de material abundante, por una comisión de Botánicos que pudieren precisar la flora moderna de estas cuencas.



## FAUNA DE LA CUENCA DE RIBESALBES

Así como los ejemplares de flora fósil recogidos en esta cuenca, dadas sus dimensiones relativamente reducidas, son numerosísimos y bastante variados, la fauna es muy escasa aunque muy interesante y perfectamente conservada. Se asemeja mucho a la encontrada en las pizarras bituminosas de Libros (Teruel), que ha sido en gran parte estudiada y descrita por el P. Navás *S. J.* quien eficazmente nos ha auxiliado en el examen de los vertebrados encontrados por nosotros.

Aparte de los fósiles que corrientemente se encuentran en los terrenos en que encaja dicha cuenca, y de los que someramente hemos hecho mención en la parte descriptiva de la geología de la región, sin que por su importancia merezcan un estudio más detenido, es en la parte rica del criadero, en las verdaderas disodilas y juntamente con la flora ya descrita, donde hemos encontrado esos preciosos ejemplares de fauna que tienen la particularidad de pertenecer todos ellos a ramas muy elevadas en la serie zoológica: insectos, batracios y reptiles.

Dejando la descripción y estudio de los primeros para



quienes especializados en la materia puedan hacerlo cumplidamente, como lo atestigua la nota del Sr. Gil que a continuación se inserta, haremos aquí una breve reseña de los vertebrados encontrados aunque sin llegar a una determinación exacta, pues faltos de medios para poderlos comparar con los hallados en otras cuencas, nos limitamos a señalar las principales características de géneros que pudieran ser nuevos en algunos ejemplares. Brindamos muy gustosos los datos que a continuación se exponen, así como cuantos podamos proporcionar, a quien con más competencia en la materia, más medios a su alcance y más tiempo que dedicar a su estudio, pueda llegar a un perfecto conocimiento de esta interesante fauna.

Del género *Rana* hemos encontrado las extremidades posteriores de dos ejemplares idénticos entre sí. Es difícil llegar a una clasificación perfecta contando únicamente con estos elementos, pero de su examen comparativo con los recogidos en Libros, que existen en el museo de este Instituto Geológico, con los de la misma procedencia que se conservan en el Consejo de Minería, y sobre todo con los numerosísimos que en perfecto estado de conservación posee el P. Navás, S. J., puede llegarse a la conclusión de que, aunque muy próximos a la *Rana Pueyoi*, Navás, no son exactamente iguales. En los ejemplares de Ribesalbes se nota que, a pesar de haber llegado el individuo a su completo desarrollo, las dimensiones de los huesos son menores, acusando en general menor robustez, y donde principalmente se nota esa diferencia es en la elipse formada por los dos huesos del carpo cuyo eje menor llega a tener una longitud una mitad menor, por lo que necesariamente variarán proporcionalmente las dimensiones de los demás huesos, indicando una constitución orgánica diferente y pudiéndose considerar tal vez como una es-

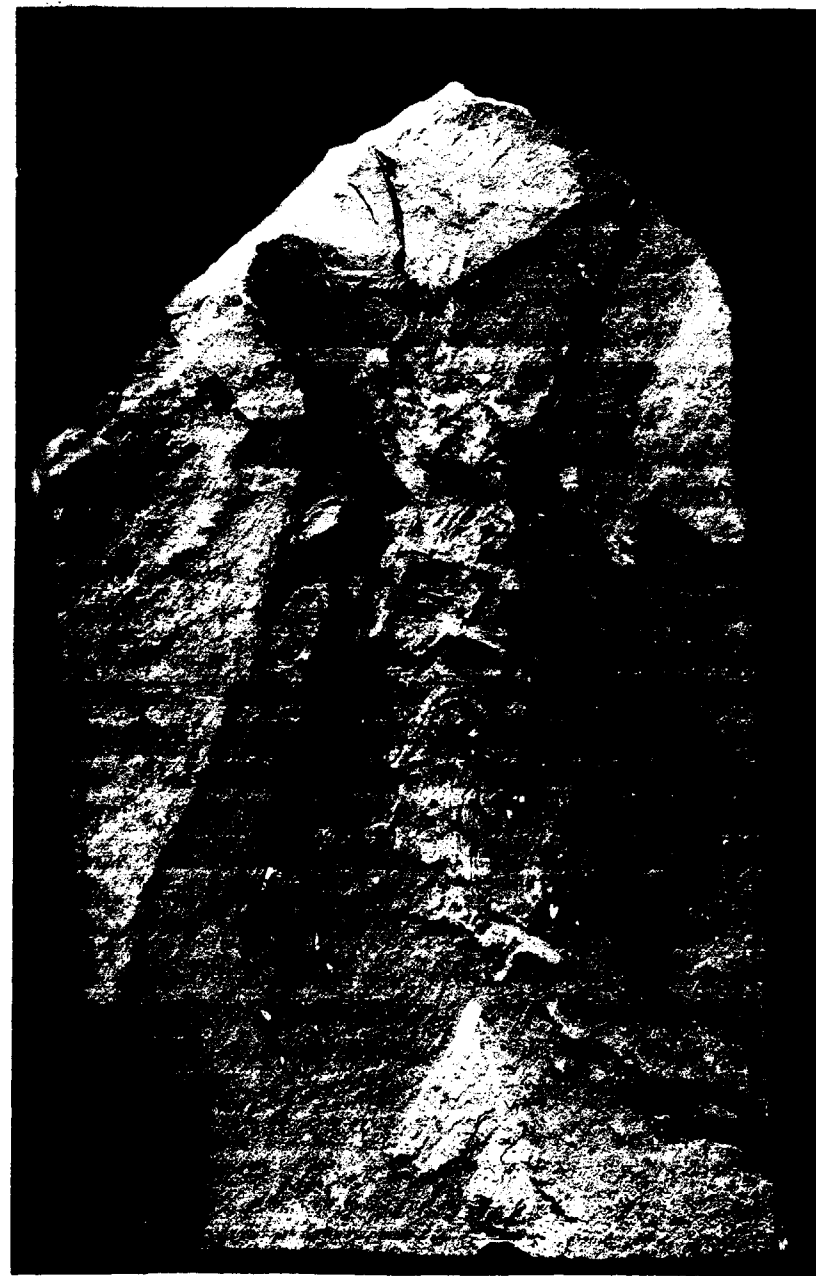


Fig. 58. Extremidades posteriores de *Rana* encontradas en la cuenca de Ribesalbes.





Fig. 58. Extremidades posteriores de *Rana* encontradas en la cuenca de Ribesalbes.



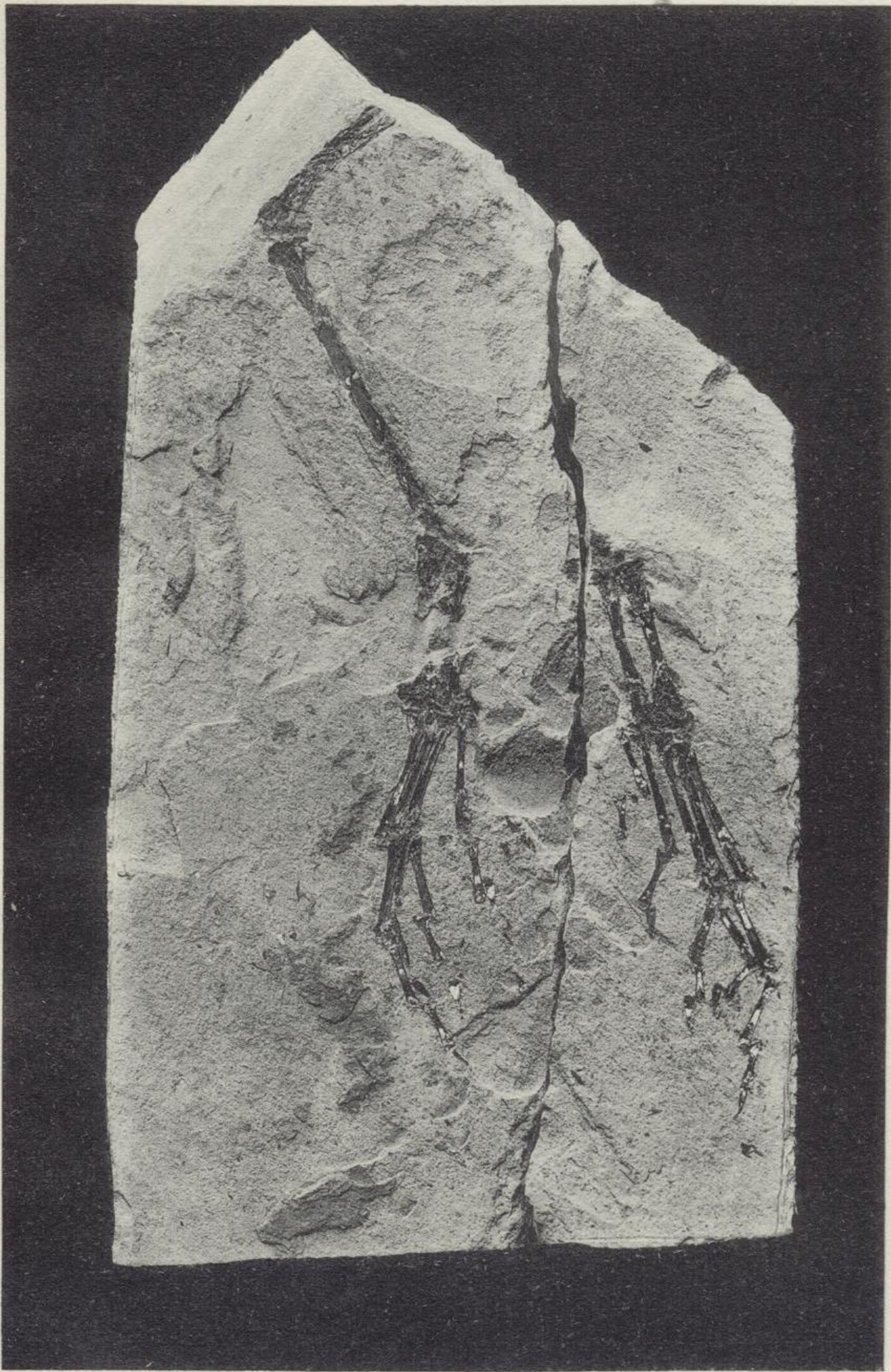


Fig. 59. Otro ejemplar incompleto de *Rana* de la cuenca de Ribesalbes.





Fig. 60. *Rana Pueyoi*, Navás, de Libros (Teruel).



pecie diferente, aunque es muy aventurado el formular una afirmación categórica mientras no se consiga encontrar un ejemplar completo y compararlo con los recogidos en otras cuencas nacionales, que no sean precisamente la de Libros, o extranjeras.

Como tipo de comparación, publicamos junto a las fotografías de las encontradas por nosotros (figs.58 y 59), la del precioso ejemplar de *Rana Pueyoi* regalada a este museo por el P. Navás, (fig.60).

Otro de los fósiles encontrado en Ribesalbes (fig.61) y que se asemeja grandemente al hallado en Libros, que reproducimos en la fig 62, nos pareció a primera vista pertenecer a la familia de los *Lacertidos* con los cuales tiene gran semejanza, aun cuando las crestas que rodean el cuello parecen indicar la existencia de una piel blanda y no cubierta de escama, como en aquéllos. Por su edad también encaja perfectamente en esta familia, pues aunque sus individuos aparecen en el jurásico superior, adquieren su verdadero desarrollo en los terrenos terciarios y con formas muy parecidas a las vivientes; su elemento distintivo principal son los dientes, que faltan en el que tenemos a la vista.

Tal vez pudiera tratarse también de un batracio urodelo, en cuyo caso habría que compararle cuidadosamente con los géneros *Triton (Molge)*, Laur. y *Salamandra*, Laur. aun cuando este último tiene el cuerpo más grueso y la cola más corta.

Los caracteres generales de los ejemplares de Ribesalbes y Libros, comunes a ambos en su mayor parte, son los siguientes: cabeza más larga que ancha; mandíbula superior presentando en su parte anterior una escotadura más o menos pronunciada; cuerpo delgado; cola cilíndrica, no comprimida; tarso y carpo osificados; cinco dedos en cada



extremidad, siendo algunos iguales entre sí en las anteriores y todos distintos en las posteriores; varias crestas cuneas en el cuello o parte baja de la cabeza, en número seis en el ejemplar de Ribesalbes e imposible de determinar en el de Libros.

En el primero de éstos, el borde anterior de la cabeza es bastante apuntado y las costillas, en número de 11, van disminuyendo de tamaño a medida que se acercan a la cola siendo las primeras de 9 mm. de longitud; su forma es espinosa y arqueada hacia atrás. Las dimensiones principales son: cabeza, largo, 18 mm.; ancho, 11 mm.; cuerpo largo, 55 mm.; ancho máximo de la impresión, 12 mm.; cola, largo, 90 mm. El brazo tiene una longitud de 11 mm. y 8 el antebrazo.

En el ejemplar de Libros la curvatura del maxilar es mucho más ancha; tiene unos apéndices óseos sostenidos por las crestas cervicales; las costillas son en número de 11 y de longitud muy difícil de determinar por la gran deformación que ha sufrido el animal al aplastamiento, siendo su forma también espinosa y arqueada hacia atrás, y sus dimensiones principales son: cabeza, largo, 16 mm.; ancho, 20 mm.; cuerpo, largo, 60 mm. Por no estar completa la cola es imposible determinar su longitud. El hueso del brazo mide 10 mm. y 8 el del muslo, que son los que claramente se pueden determinar.

La figura 63 nos representa otro de los fósiles recordados en Ribesalbes cuya determinación es también para nosotros incierta. Pudiera incluirse, al parecer, en la familia de los *Microsauria* y dentro de ella en el género *Traterpeton* Huxley, aun cuando no coincide exactamente la forma de las vértebras, y la edad de éstos es del tercio inferior del Cretácico. También pudiera incluirse entre los *Salamandros*, recordando su aspecto a primera vista al *Andrias* a

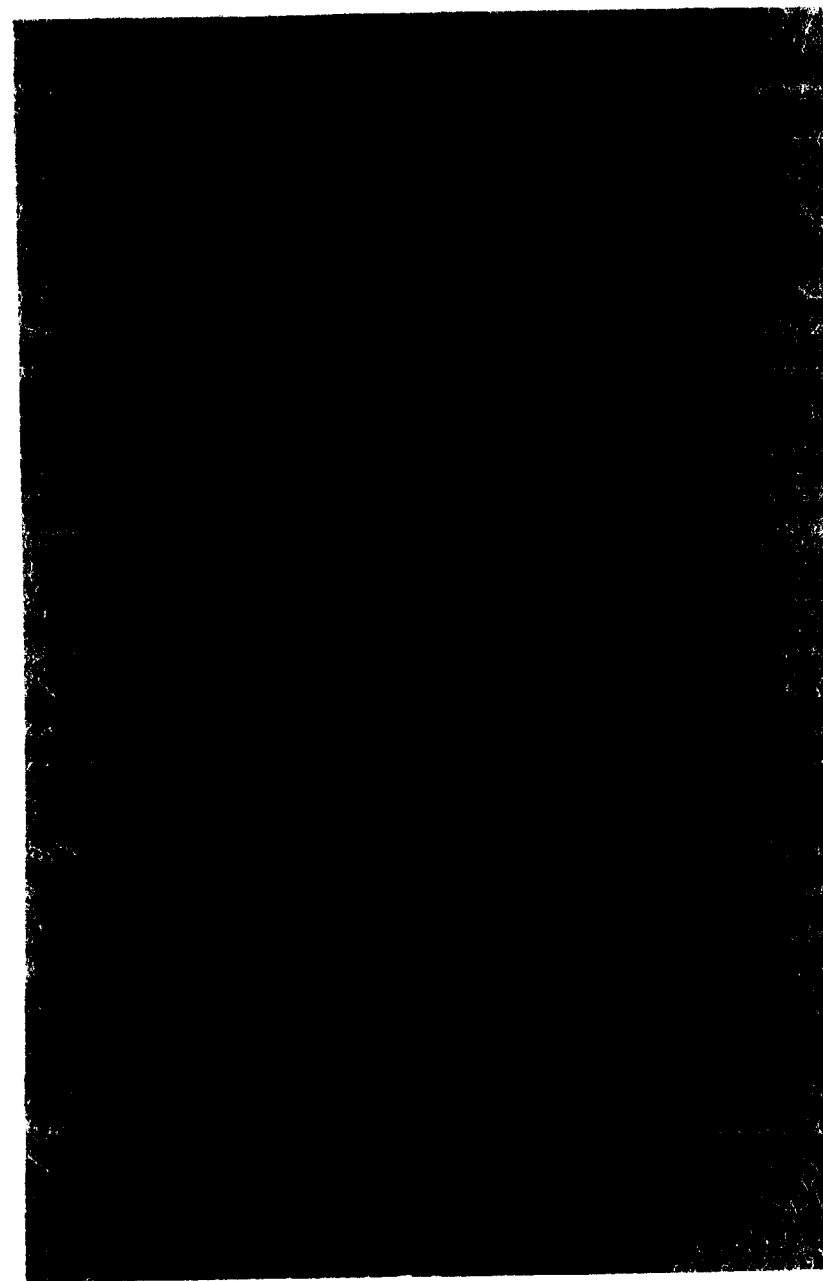


Fig. 61 *Lacertido* encontrado en la cuenca de Ribesalbes.





Fig. 61 *Lacertido* encontrado en la cuenca de Ribesalbes.



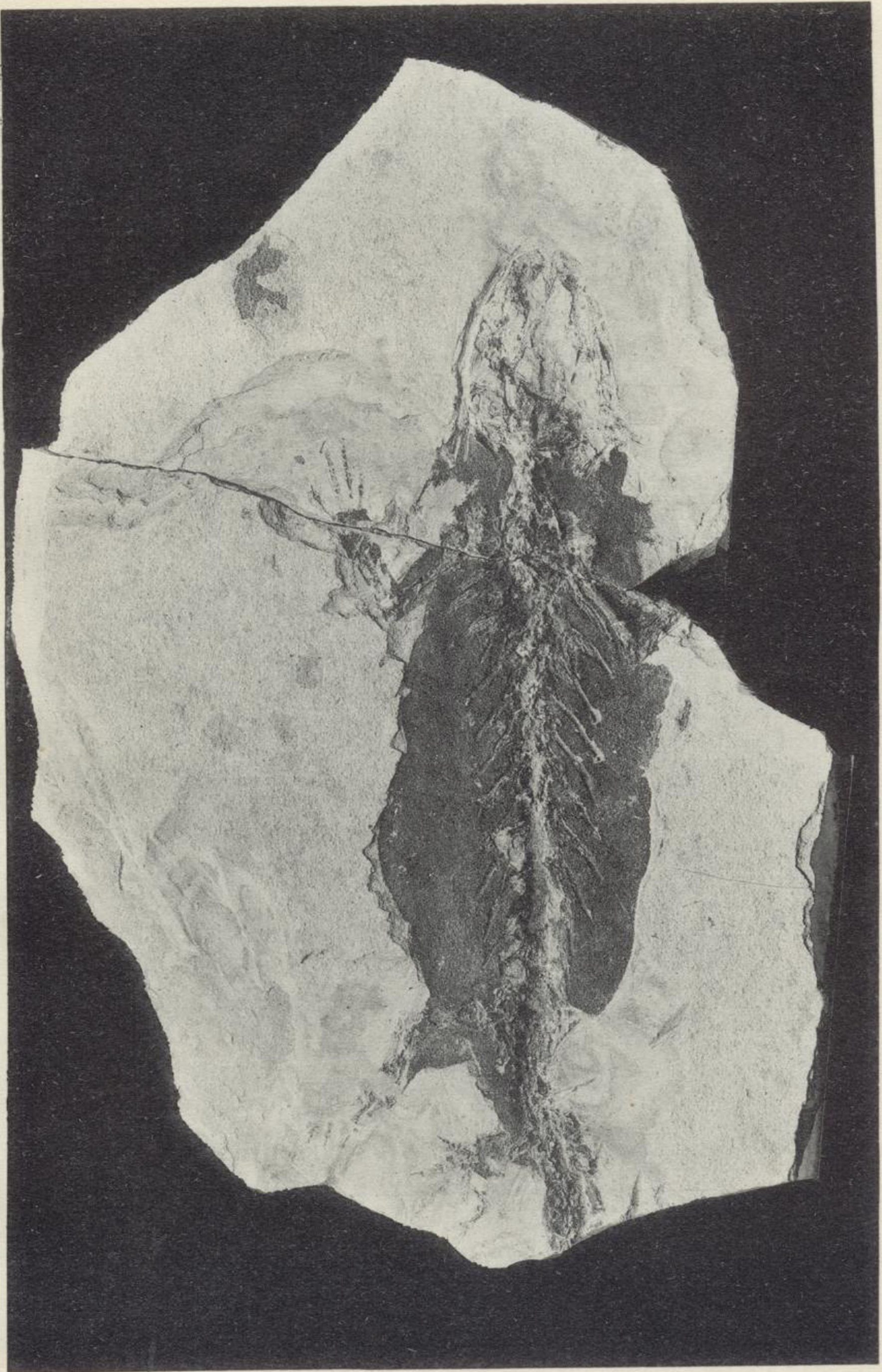


Fig. 62 *Lacertido* procedente de la cuenca de Libros (Teruel).





Fig. 63. Vertebrado fósil hallado en la cuenca de Ribesalbes.



cuando claramente se ve que ni la forma de las costillas es la misma, ni las dimensiones se aproximan a las de éste, que llega a tener hasta 1,20 m. de longitud total.

Al igual de lo que anteriormente hicimos, damos una ligera descripción y las dimensiones más aproximadas posibles de las partes principales que se han conservado del animal.

Cabeza muy grande, más ancha que larga, truncada por detrás y de contorno casi pentagonal; maxilar parabólico, dividido en medio y engrosado en sus extremos; órbitas grandes, ovales; vértebras en número de 12, más largas que anchas, estrechadas en medio, con apófisis transversales superiores, inclinadas hacia atrás; costillas aplanadas y anchas en su base, por la que se unen unas a otras formando arco; la primera es recta y las otras falciformes, estando la 2ª y 3ª muy próximas entre sí; el húmero mide 12,5 mm. de longitud con un diámetro en sus cabezas de 3,5 mm., estrechándose en el centro hasta poco más de un milímetro; los huesos del antebrazo tienen 8 milímetros de largo; las manos tienen cinco dedos, con una porción de huesecillos en el carpo, muy difíciles de determinar; análogas son las dimensiones de las patas posteriores que tampoco se presentan con la suficiente claridad en el ejemplar encontrado.

La cabeza mide 20 mm. de largo por 29 de ancho; el tronco 72 milímetros de largo y la cola no se presenta entera.

En la parte posterior de la cabeza presenta dos apófisis en forma de cuerno, dirigidas hacia atrás y al parecer articuladas en su base, análogas a las que presenta el género *Keraterpeton*, antes citado, y otros varios.

Por último y más bien a título de curiosidad ya que es imposible, con ese solo elemento, llegar a una determinación paleontológica, insertamos en la fig. 64 la reproducción



de una pluma de *Gallinácea* encontrada también en estos mismos esquistos.

PRIMITIVO HERNÁNDEZ SAMPELAYO. MANUEL CINCÚNEGUI.

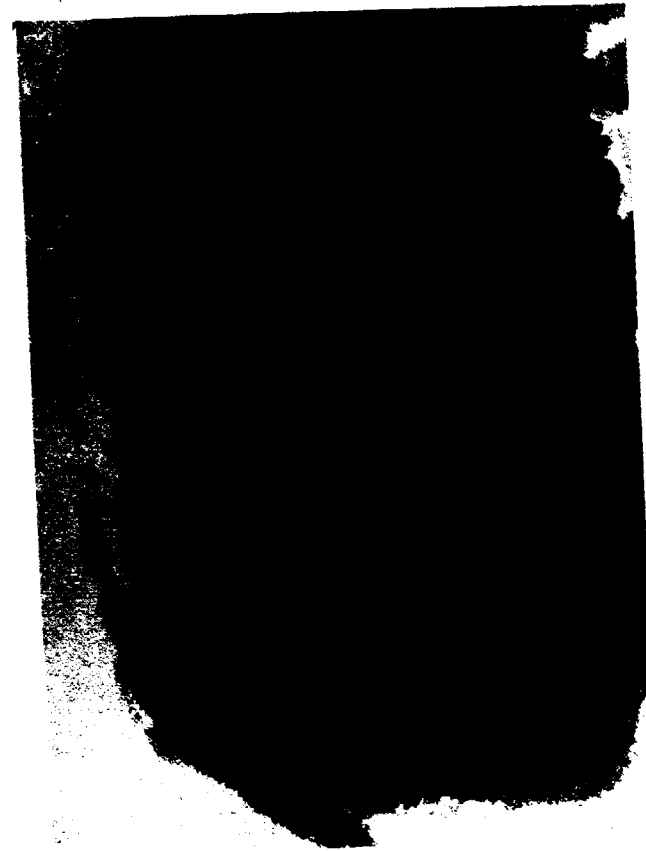


Fig. 64. Pluma de *Gallinacea* de los esquistos disodílicos de Ribesalbes, aumentado 2,5 veces.





Fig. 64. Pluma de *Gallinacea* de los esquistos disodilices de Ribesalbes, aumentado 2,5 veces.



## **BIBLIOGRAFÍA**



## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BASLE.—Informe geológico de los esquistos petrolíferos de Ribesalbes en la provincia de Castellón, España. Septiembre 1912.

BOTELLA Y HORNOS.—Nota sobre la alimentación y desaparición de los lagos terciarios peninsulares. «Actas Soc. Esp. Hist. Nat.» T. XIV pág. 27.

BERTRAN Y MUSITU (F.)—Informe de 24 Enero 1914.

BOUSACC.—La limite de l'Oligocène et de l'Eocène. «Bull. Soc. Geol. Fr.» T. VII, 1907.

CAREZ (L.)—Tertiaire inférieur. «Revue de Géologie, T. IX, pag. 219, T. X pag. 297. Anuario Geológico Universal.

CAREZ (L.)—Etude sur les terrains cretacés et tertiaires du Nord de l'Espagne. Revue Scientifique. T. XXVIII, página 272, serie 3.<sup>a</sup>

DARESTE DE LA CHAVANNE.—Sur l'Oligocène de la vallée de la Besbre et de l'Allier. «Bull. Soc. Géol. Fr. T. XIII, 1913.

DEPERET.—L'oligocène du bassin de Roanne et ses faunes de mammifères fossiles. «Cptes Rend. Ac. Sc. C. L. V. dec. 1922.



DEPERET.—Etudes stratigraphiques sur le bassin tertiaire de Marseille. «Bull. Serv. Carte Geol.» 1885.

DEPERET.—Evolution des mammifères tertiaires. «Cptes Rend. Ac. Sc.» CXL p. A. 1.517, 1905.

— CXLI p. 22.702, 1905.

— CXLII p. 628, 1906.

— CXLIII p. 1.120, 1906.

DEPERET ET DOUXAMI.—Les vertébrés oligocènes de Pyrimont-Challonges. «Mem. Soc. pal.» Suisse vol. XXII, 1922.

DOLLFUSS.—Feuille de Beuges au 1 : 320.000. Revision des faunes continentales. «Bull. Serv. Carte Geol. Fr.» Tomo XVI, 1926.

EDWARDS (F. E. and Searles V. Wood.)—A monograph of the Eocene Cephalopoda and Univalves of England, Vol. I. p. 1-361, plates I-XXXIV, published in six parts; 1840-1877. Paleontological Society.

ENGELHARDT.—Über tertiäre Pflanzenreste von Wiesseck bei Giessen. Abhandlungen der Senckenbergischen naturforschenden Gessellschaft, Bd. 29, 1911, S. 407-428.

ENGELHARDT und SCHOTTLER.—Die tertiäre Kieselgur von Altenschlirf im Vogelsberge. Abhandlungen der hessischen geologischen Landesanstalt, V. 4. 1914.

ETTINGSHAUSEN.—Die fossile Flora der älteren Braunkohlen formation der Wetterau. Sitzungsberichte der k. u. k. Akad. der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-naturwissenschaftl. Klasse, Bd. 57, 1868, S. 1-87.

FALLET (E.)—Contribution a l'étude de l'étage tongrien dans le departement de la Gironde.

FAURA Y SANZ. (D. M.)—Doctor en Ciencias. Barcelona. Informe de 30 de Abril de 1914.

FILHOL (H.)—Etudes sur les mammifères de St. Gérand le Puy. Ann. Sc. Géol. t. X. 1875 et t. XI-1881.

FILHOL (H.)—Mammifères fossiles de Renzen. Ann. Sc. Géol. Fr. t. XII, 1881.

FISCHER U. WENZ.—Verzeichnis und Revision der tertiären Land- und Sübwasser-Gastropoden des Mainzer Beckens.

Neus Jahrbuch f. Min. u. Geol. Beilage-Bd., 34 1.9212,-S. 431-512.

FLICHE (M. P.) Prof. de la Escuela de Nancy.—Nota sobre algunos vegetales terciarios de Cataluña. «Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España.» T. XXVIII pág. 153. 13.

FONTANNES.—Etudes stratigraphiques et paléontologiques pour servir a l'histoire de la période tertiaire dans le bassin du Rhône 1885.

FONTANNES.—Description des faunes malacologiques des formations saumâtres et d'eau douce du groupe d'Aix (Bartonien Aquitanien) dans le Bas Languedoc, la Provence et le Dauphiné. 1884.

FRIEDRICH.—Beiträge zur Kenntnis der Tertiärflora der Provinz Sachsen. Abhandlungen der Preus. Geol. Landesanstalt, 1883.

GARDNER (J. S. and Constantín Barón Etingshausen).—A monograph of the British Eocene Flora, pp. 1-86, plates I-XIII, 1879-1882. Paleontographical Society.

GIRAUD (J.)—Etudes Géologiques sur la Limagne. Bull. Serv. Carte géol. Fr. t. XIII, 1902.-410 p.

GUEBHARD.—Sur quelques gisements nouveaux de plantes tertiaires en Provence. Boletín de la Sociedad Geológica de Francia. Serie 3ª tomo 28 pag. 913.

GÖPPERT.—Die Flora des Bernsteins.

GUTIERREZ (R. P. Miguel S.J.)—Algunas consideraciones sobre la coloración negra de las rocas sedimentarias. Asociación para el progreso de las Ciencias. Salamanca 1923.



- HEER.—Tertiärflora der Schweiz Flora foss. arct.
- HEER.—Contributions a la flora fossile du Portugal. Lisbonne 1881.
- HEER (O.)—Recherches sur le climat et la vegetation du pays tertiaire. (Tra. Chars. Th. Gaudin.) Genève 1861.
- HEER (O.)—Nachträge sur Miocenen flora Grönlands. Stockholm. 1874.
- HEER (O.)—Beiträge sur fossilen flora Spitzbergens. Stockholm 1876.
- HEER (O.)—Flora fossilis Alaskana Kongl Svenska Vetenskaps. Acad. Baudet G. Handlingar. Stockholm 1869.
- HEER (O.)—Die Miocene Flora und fauna Spitzbergens. Stockholm 1870.
- Kongl Svenska Vetenskaps. Academiens Handlingar. Baudet G. n.º 7.
- HEER (O.)—Beiträge sur Miocenen flora von Sachalin. Stockholm. 1878. Kongl Svenska Vetenskaps-Academiens Handlingar. Baudet 15 n.º 4.
- HISLOP.—On the tertiary deposits associated..... The Quarterly Journal of the Geological Society of London. T. XVI pag. 154.
- HON (H. LE)—Terrains tertiaires de Bruxelles, leur composition..... Boletín de la Sociedad Geológica de Francia. T. XIX. pag. 804. T. XX pag. 195. Serie 2ª.
- JOHNSTONE (RONALD. H.)—A. M. I. C. E. M. I. M. E. Glasgow, Report on shale mining concessions at Ribesalbes, province of Castellón, Spain. 9 Septiembre 1905.
- LUDWIG.—Fossile Pflanzen aus der ältesten Abteilung der Rhein. Weteterauer tertiärformation. Paleontographica, VIII, 1859, S. 39-154.
- NATHORST. A. G.—Bidrag Till Sveriges fossila flora of. Stockholm, 1876.
- NEWTON (E. B.)—Systematic List of the F. E. Edwards' Co-

- lections of the British Oligocene and Eocene Mollusca in the British Museum (Natural History) London, 1891.
- REPELIN.—Les Rhinocerotides de l'Agenais (Aquitanien superieur) Ann. Musée d'Hist. nat. Marseille 1917.
- REDWOOD (Roberton.)—Informe sobre los esquistos petrolíferos de Ribesalbes. 9 Julio 1909.
- ROMAN (F.)—Contribution a l'étude des bassin lacustres de l'Eocène et de l'Oligocène du Languedoc. Bull. Soc. Geol. Fr. 4ª serie t. III, 1903.
- ROMAN (F.)—Faune saumâtre du Sannoisien du Gard. Bull. Soc. Geol. 4ª serie t. X. 1910.
- ROMAN (ET JOLEAUD).—Le Cadurcotreriium de l'Isle sur Sorgues, (Stratigraphie par Joleaud). Arch. Mus. d'Hist. Nat. Lyon. 1911.
- ROMAN.—Les Rhinocérides oligocènes d'Europe. Arch. Musée d'Hist. nat. Lyon 1911.
- ROYO GÓMEZ (D. J.)—Notas sobre el yacimiento petrolífero de Ribesalbes (Castellón) 1921-22 «Boletín de la R. S. Española de His. Nat.» T. XXI p. 285 y T. XXII pag. 340.
- SAPORTA.—Prodrome d'une flore fossile des Travertins anciens de Sézanne. Soc. Geol. 2ª serie T. VIII Mem. n.º 3.
- SAPORTA.—Recherches sur la vegetation du niveau Aquitanien de Monosque. M. de la Soc. G. de F. Paris, 1891.
- SAPROPELOS.—Flora microscópica y animales con excrementos.
- SCHENT.—Wealdenflora. Cassel 1871.
- SCHIMPER.—Tratado de Paleontología vegetal, o la flora del Mundo primitivo en sus relaciones con las formaciones geológicas.
- SEARLES V. WOOD.—A Monograph of the Eocene Bivalves of England. Vol. I, pp. 1-182. plates I-XXV, published in three parts, 1861-1871. Paleontographical Society
- STEHLIN.—Recherches sur les faunes de mammifères



des couches Eocènes et Oligocènes du Bassin de Paris. Bull. Soc. Geol. Fr. 4<sup>a</sup> serie t. IX. 1919.

STEHLIN.—Übersicht über die Säugetiere der schweizerischen Molasseformation, ihre Fundorte und ihre stratigraphische Verbreitung. Verhandlungen der Naturforscher der Gesellschaft in Basel, Bd, 25-1914.

STIZENBERGER.—Fossilienlager in der Molasse nächst des Kontakts mit dem weissen Jura bei Stockach. Eclogae Geol. Helvetiae, Bd. 9, 1906.

TEPPNER (W.)—Lamellibranchiata terciaria.

VASSEUR.—Note préliminaire sur la constitution géologique du bassin tertiaire d'Aixen Provence. Ann. Fac. Sc. de Marseille t. VIII. 1898.

VASSEUR.—Note préliminaire sur les terrains tertiaires de l'Albigeois. Bull. Serv, Carte Geol. t. v. 1894.

VASSEUR.—Les formation infratongriennes du bassin de la Gironde. Cptes. Rend. de la Soc. Linn. de Bordeaux. p. XLII 1890.

WENZ (W.)—Das Mainzer Becken und seine Randgebiete. Heidelberg 1921, Verlag v. W. Ehrig. Enthalt zahlreiche Fossilisten und ein sehr gutes Literaturverzeichnis.

WENZ (W.)—Die Landschneckenkalke des Mainzer Beckens und ihre Fauna, Paleontologischer Teil. Jahrbuch des nassauischen Vereins für Naturkunde. Bd. 67, 1914, S. 30-154.

WOLFF.—Die Fauna der südbayrischen Oligocaenmolasse. Paleontographica, Bd. 43, 1897.

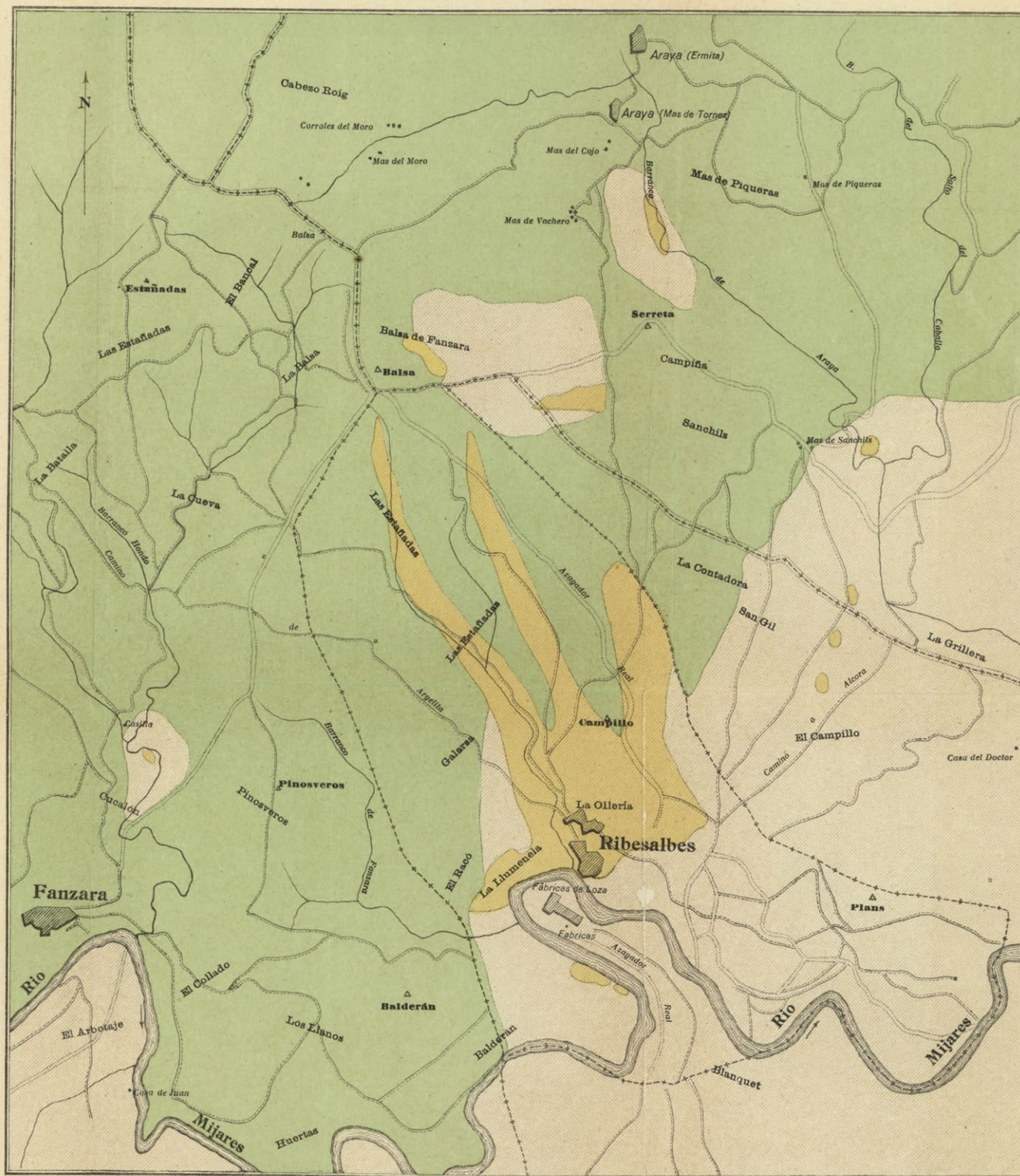






# MAPA GEOLÓGICO DE RIBESALBES

ESCALA 1:25.000



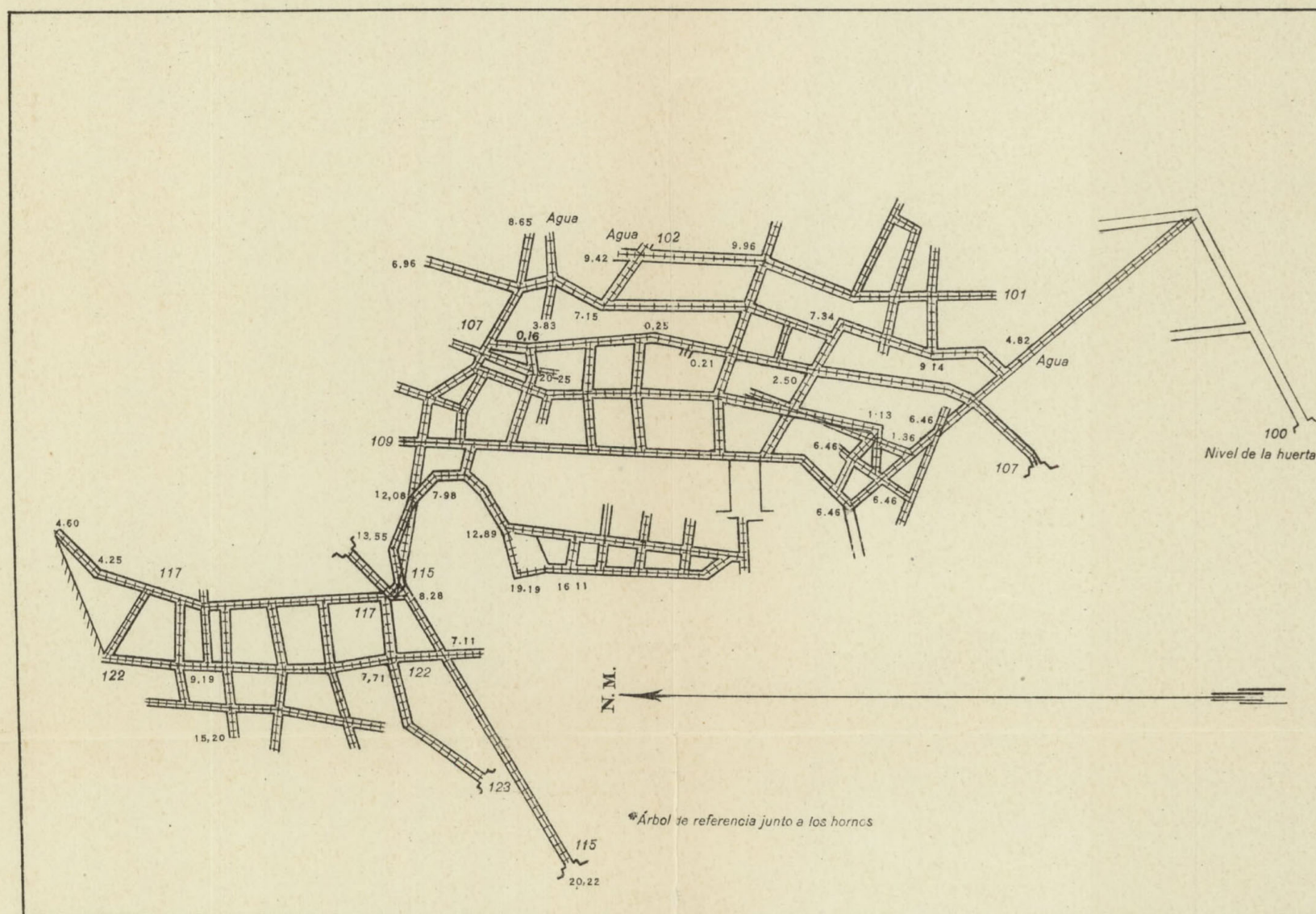
-  Cuaternario
-  Mioceno
-  Oligoceno
-  Cretáceo





ESQUISTOS BITUMINOSOS DE RIBESALBES  
(CASTELLÓN)  
**MINA "CONCHA"**

ESCALA 1:1000





NOTA SOBRE ALGUNOS INSECTOS FÓSILES

**DE RIBESALBES (CASTELLÓN)**



NOTA SOBRE ALGUNOS INSECTOS FÓSILES  
**DE RIBESALBES (CASTELLÓN)**

Esta nota no es más que un complemento del trabajo de los Sres. Hernández Sampelayo y Cincúnegui, titulado «Estudio de la cuenca de esquistos bituminosos de Ribesalbes, (Castellón)», en la que vamos a describir los insectos fósiles, encontrados en la cuenca por ellos estudiada.

Hace ya unos dos años, el Sr. Royo me indicó que había encontrado en un yacimiento de fósiles de la provincia de Castellón unos insectos, en su mayor parte mosquitos, que por su estado de conservación, verdaderamente excepcional, se podían determinar perfectamente, y me propuso hacer un estudio en colaboración. Sin embargo, debido al exceso de trabajo, se fué retrasando su realización hasta que en junio del año pasado los Sres. Hernández Sampelayo y Cincúnegui trajeron nuevo material recogido por ellos y me propusieron que lo clasificara, y por no serle posible al Sr. Royo dedicarse a ello por sus múltiples ocupaciones me indicó la conveniencia de que me dedicara yo solo a su estudio.



Los materiales empleados para este trabajo, son de dos procedencias, unos pertenecientes a las colecciones del Instituto Geológico y recogidos por los Sres. Hernández Sampelayo y Cincúnegui, mientras que los otros forman parte de las del Museo Nacional de Ciencias Naturales, y fueron reunidas por el Sr. Royo, bien recogidas por él mismo u obtenidas a cambio por su mediación y por la del señor Cardoso antiguo catedrático del Instituto Nacional de Segunda Enseñanza de Castellón.

Los fósiles se encuentran en esquistos de color gris claro y muy bituminosos, por lo cual se han conservado aquéllos muy bien a pesar de su pequeñez y de su delicadeza.

La edad del yacimiento es algo dudosa, por la falta de fósiles característicos, admitiéndose como oligocena en el trabajo anteriormente citado. Para todos los demás datos acerca de esta cuenca se debe consultar el trabajo ya mencionado anteriormente.

En toda la bibliografía paleontológica que he consultado, no he encontrado una fauna con especies semejantes a las que aquí describo, por lo cual me veo precisado a considerarlas como formas nuevas.

He de hacer constar mi agradecimiento a los Sres. Sampelayo y Cincúnegui por la confianza que en mí han depositado al encargarme este trabajo, como así mismo al señor Royo, que no sólo me ha ayudado en mi labor, con sus amplios conocimientos paleontológicos, sino que se ha encargado de hacer las fotografías que lo acompañan, complaciéndome en expresarles mi gratitud al dedicarles las especies nuevas que describo. También he de hacer extensiva mi gratitud a los Sres. Bolívar (C.), G. Mercet, G. Menor y Escalera que me ayudaron a resolver algunas dudas en la identificación de algunos ejemplares.

## ORDEN DIPTEROS

### FAMILIA CHIRONOMIDAE

Género **Nomochirus** nov.

*Figs. 1-5; Láms. I-III.*

Este género está abundantemente representado en varios trozos de esquistos, y su determinación ha sido relativamente fácil por haber ejemplares en los cuales se pueden estudiar bastante bien los distintos caracteres. La lámina III da una idea de la cantidad en que se encuentran.

Ojos de una forma oval, separados por la frente en ambos sexos. Antenas en el ♂ de 10 artejos, los nueve primeros de un tamaño casi igual, a excepción del basal, y el último tan largo como los anteriores reunidos. con fuerte plumosidad; en la ♀ son casi tan largas como en el ♂ y a pesar de que los artejos no se cuentan bien en ningún ejemplar, parece ser que su número es igual que en el ♂ o sea el de 10. Proboscis gruesa y algo alargada, con palpos de tres artejos, de los cuales el segundo es algo engrosado.

Tórax giboso, pero no muy prolongado sobre la cabeza. Patas alargadas, con las caderas más bien cortas, pero su carácter principal es el de tener las uñas dentadas. Alas de igual longitud que el abdomen, aunque en algunos ejemplares están deformadas y parecen anchas y más cortas.



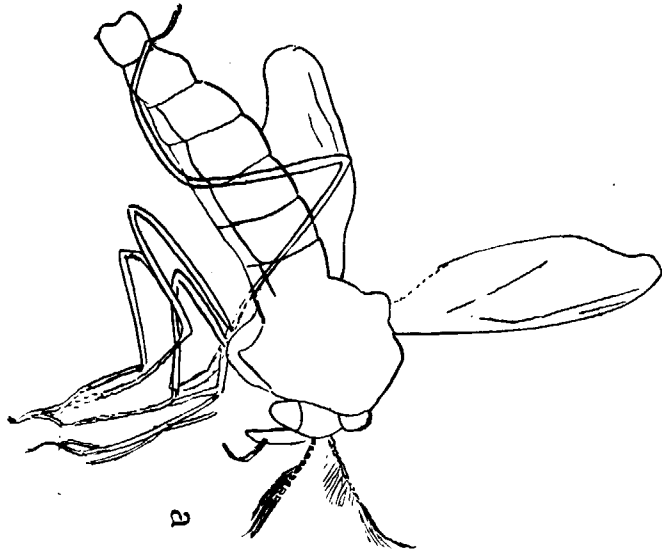


Fig. 1. a *N. sampelayoi* nov. sp. Esquema de la fig. 1 de la lám. I  
b cabeza vista con más aumento.

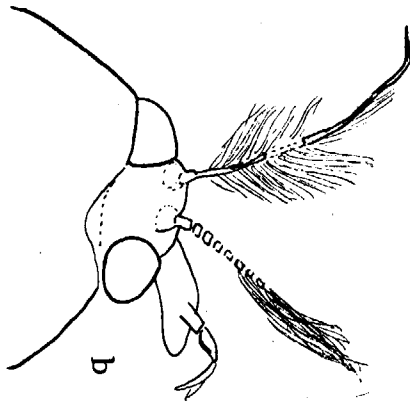


Fig. 1. *N. sampelayoi* nov. sp. ♂ x 6,5



Fig. 2. *N. sampelayoi* nov. sp. ♂ x 6,5.

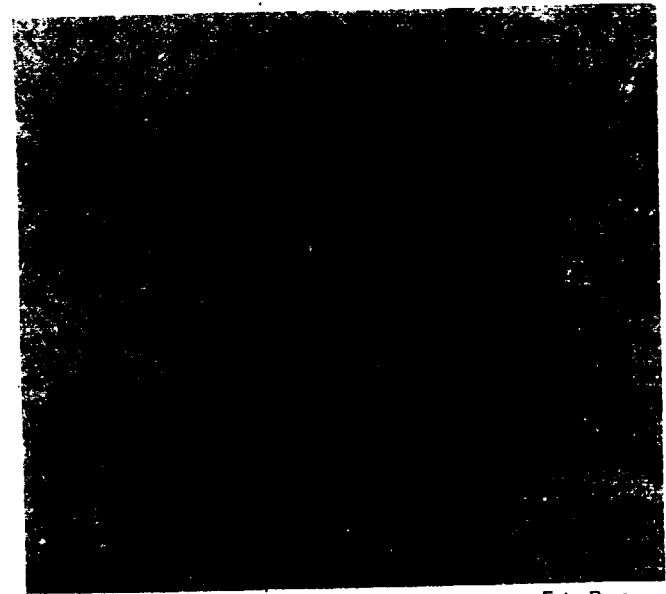


Foto. Royo.

Fig. 3. *N. sampelayoi* nov. sp. ♂ x 6,5.





Fig. 1. *N. sampelayoi* nov. sp. ♂ x 6,5

Fig. 2. *N. sampelayoi* nov. sp. ♂ x 6,5.

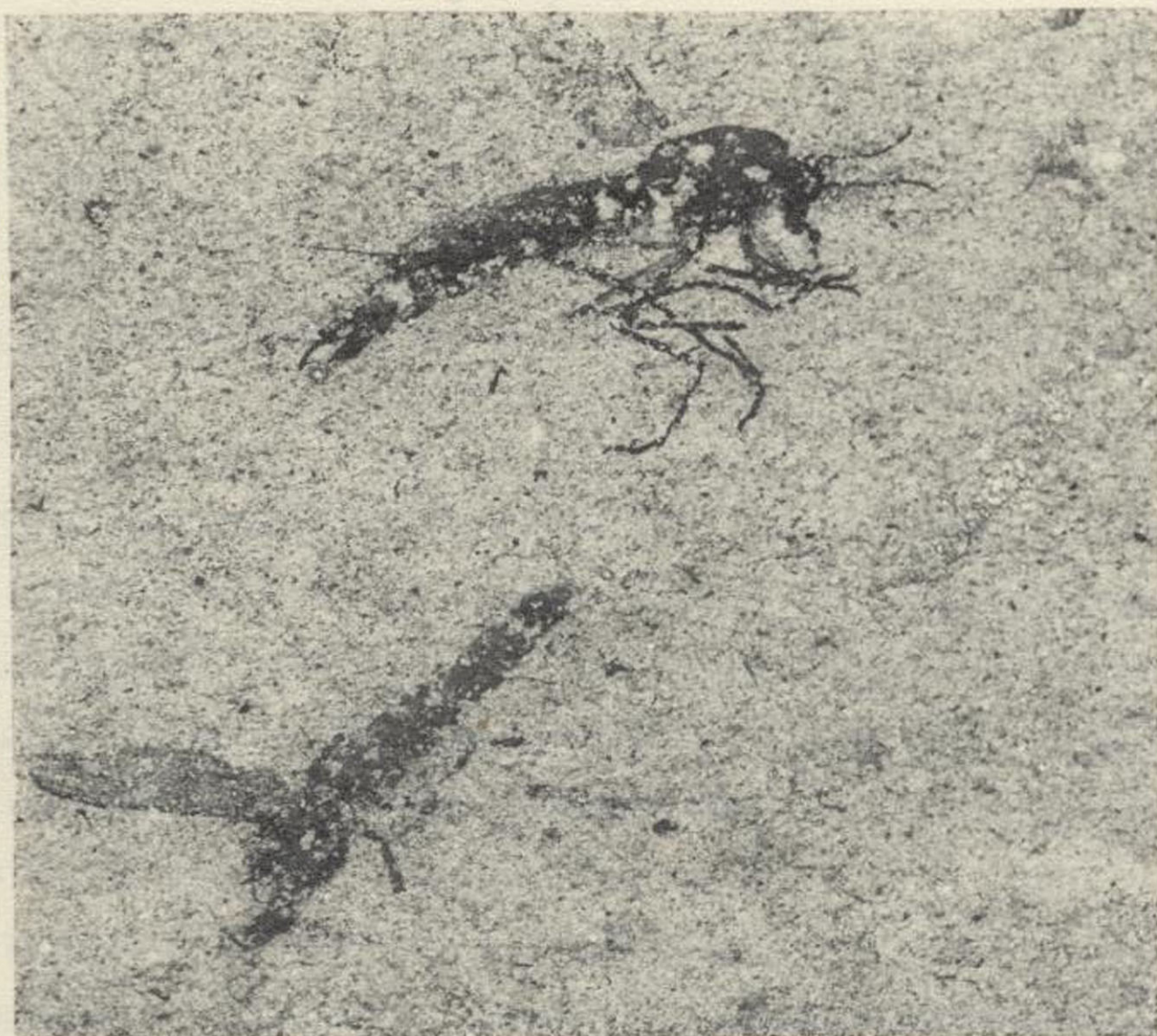


Foto. Royo.

Fig 3. *N. sampelayoi* nov. sp. ♂ x 6,5.



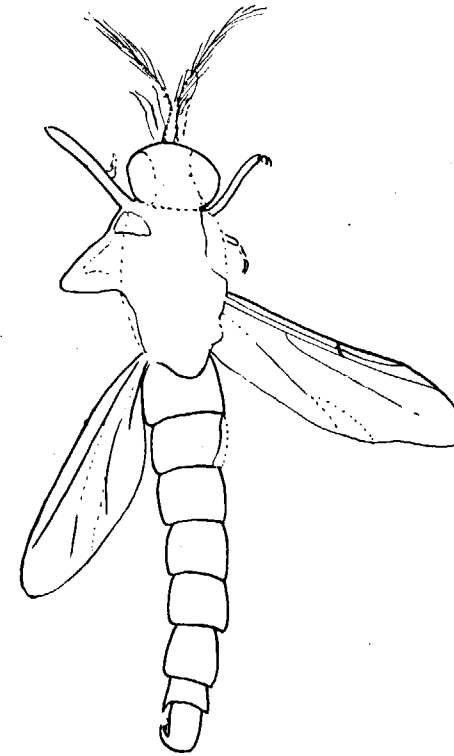


Fig. 2.—*N. sampelayoi* nov. sp. Esquema de la fig. 2 de la lám. I.

La venación es bastante claramente de *Chironominae* con las ramas de la vena radial unidas por una transversa hacia el medio del ala, la vena media que parece que nace un poco antes de esta transversa, no se bifurca, haciéndolo en cambio la vena cubital, que no está unida a la anterior por ninguna transversa.

Abdomen en el ♂ delgado y largo, con los bordes casi paralelos, el hipopigio grueso con dos espinas o ganchos fuertes. La ♀ tiene el abdomen más ancho y algo oval.



**Observaciones.**—Este género pertenece a la subfamilia de los *Chironominae* por la venación y por las antenas del ♂, pero se aparta de ella por las de la ♀ que son de 10 artejos también. De los demás géneros de la subfamilia se distingue por las uñas de los tarsos dentadas a excepción del género *Telmatogeton* del cual se diferencia fácilmente por las antenas que en éste son de 7 artejos en el ♂ y por la venación alar y los palpos.

**Nomochirus sampelayoi** nov.sp.—Frente en el vertex, igual al tercio de la anchura de la cabeza. Antenas en el ♂ con el artejo basal grueso, los siguientes más anchos que

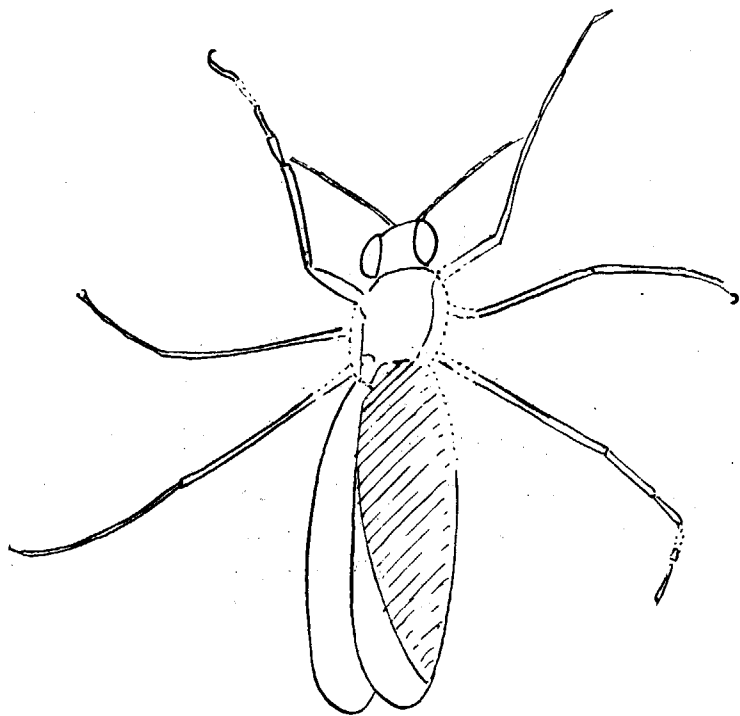


Fig. 3.—*N. sampelayoi* nov. sp. ♀ Esquema de la fig. 1 de la lám. II



Foto. Rojo.

Fig. 2. *N. sampelayoi* nov. sp. ♂ x 6,5.

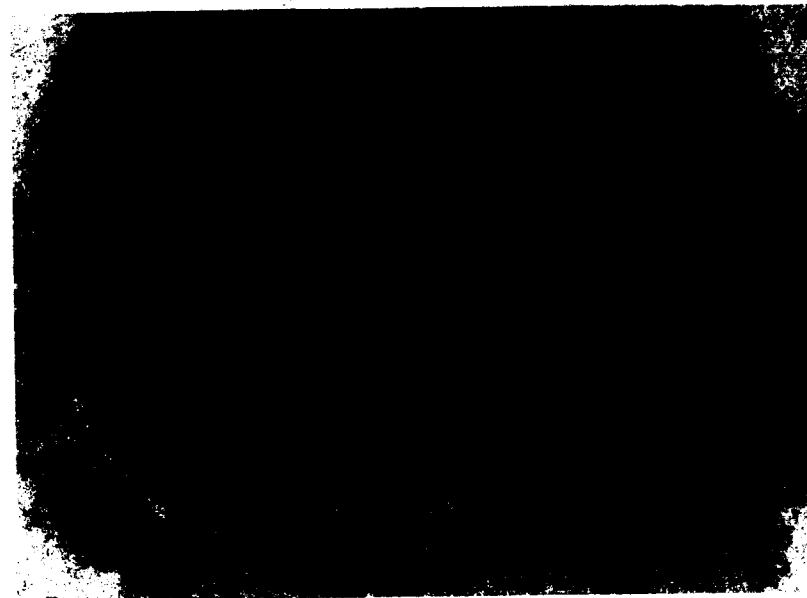


Fig. 1. *N. sampelayoi* nov. sp. ♀ y g. x 6,5.





Fig. 1. *N. sampelayoi* nov. sp. ♂ y g. x 6,5.



Foto. Royo.

Fig. 2. *N. sampelayoi* nov. sp. ♂ x 6,5.



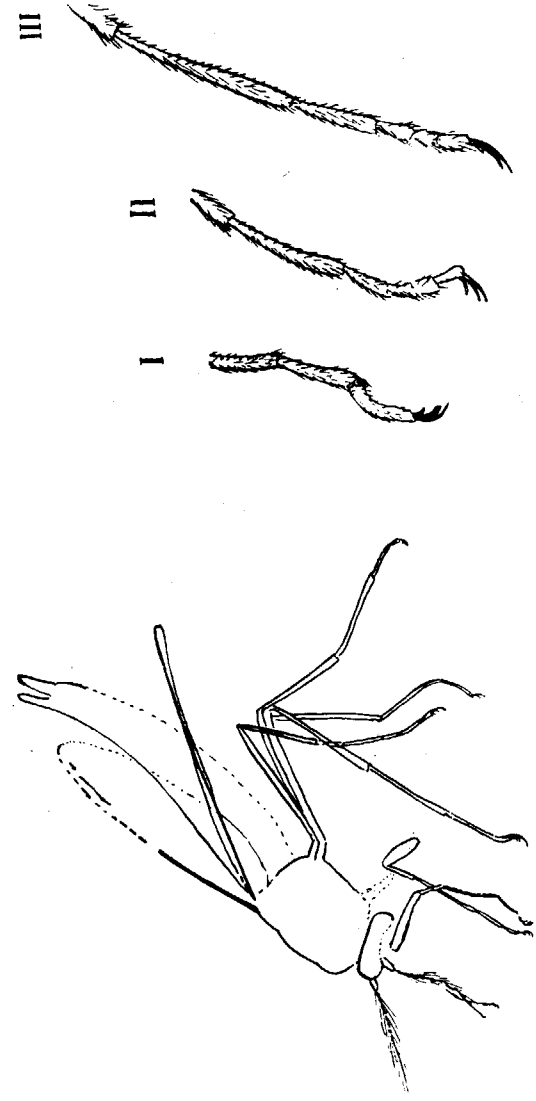


Fig. 4.—*N. sampelayoi* nov. sp. Esquema de la fig. 2 de la lám. II; I, II y III tarsos más aumentados.



largos, van aumentando de longitud a la vez que se hacen más estrechos; la plumosidad es muy densa y larga (figuras 1 y 2). En la ♀ son filiformes y casi sin pilosidad (fig. 3).

El tórax no se distingue con la claridad suficiente para apreciar sus detalles.

Patas con la pilosidad corta y fina bien marcada. Las

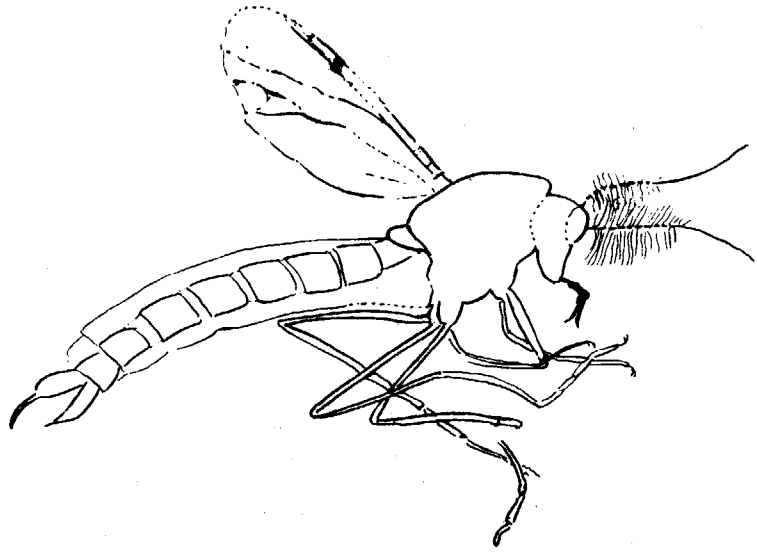


Fig. 5.—*N. sampelayoi* nov. sp. ♂. Esquema de la fig. 3 de la lám. I

uñas en el ♂ tienen dos dientes, uno basal y otro medio (fig. 4) y las ♀ parecen tener sólo el diente medio.

Las alas, cuya venación hemos descrito al hablar del género, están bien conservadas y sobre todo en el ejemplar de la fig. 2 en el cual se distingue bastante bien la parte anterior del ala. En el ejemplar de la fig. 5 se ve la bifur-

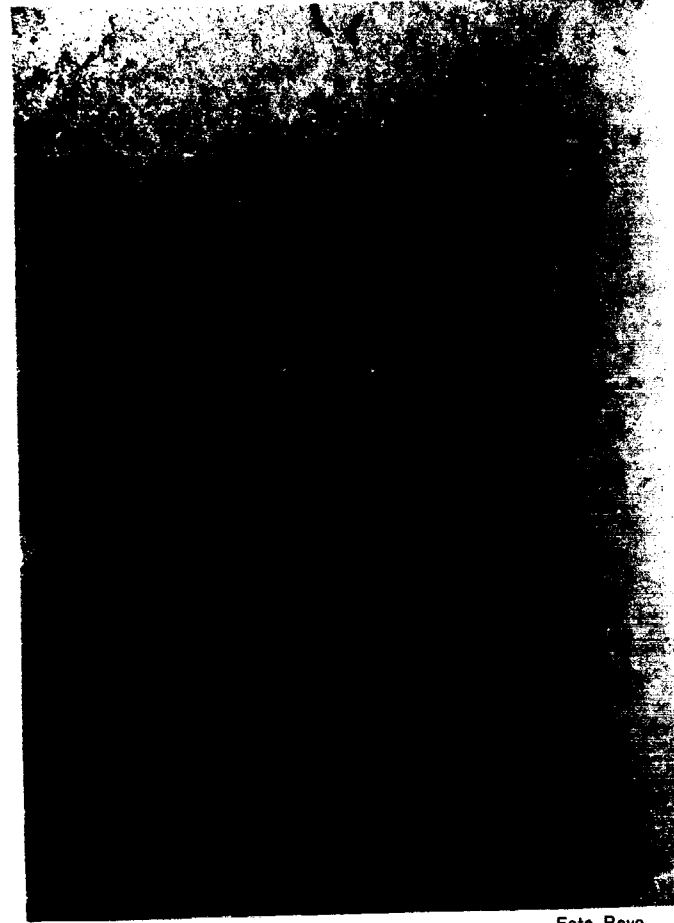


Foto. Royo.

*N. sampelayoi* nov. sp. ligeramente aumentadas.

COLECCIÓN DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL.





Foto. Royo.

*N. sampelayoi* nov. sp. ligeramente aumentadas.

COLECCIÓN DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL.



cación de la vena cubital, aunque sólo se conserva a trozos.

El abdomen tiene siete segmentos además del genital y tiene la pilosidad bien visible. Su longitud es poco más de dos veces la del tórax.

Longitud alrededor de 6,5 mm.



## FAMILIA EMPIDAE

**Hilara royoi** nov. sp.*Figs. 6-7; Lám. IV, figs. 1-2*

Aunque de esta especie sólo hay dos ejemplares en los esquistos estudiados, se encuentran tan bien conservados que su determinación es fácil. Las antenas, la trompa, las patas y las alas se distinguen perfectamente, hasta las venitas que por su delicadeza parece imposible que no se hayan destruído.

La cabeza es más alta que ancha, cuando se ve de perfil, y los ojos tienen una forma oval. Las antenas tienen los dos artejos basales cortos y de igual longitud, y el tercero es cónico y bastante más largo, llevando en su extremo uno o dos artejos que forman un estilo. El epistoma tiene pubescencia abundante, más larga al parecer en la parte inferior.

Tórax poco giboso, alargado, viéndose en uno de los ejemplares que está un poco inclinado hacia la derecha, la sutura transversa, las callosidades postalares y el escudete. La pubescencia se conserva en algunas partes.

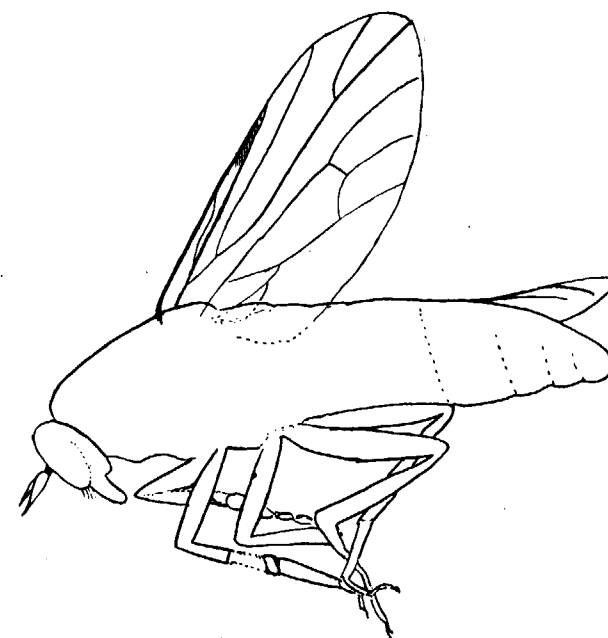


Fig. 6.—*Hilara royoi* nov. sp. Esquema de la fig. 1 de la lám. IV.

Patatas robustas, las anteriores tienen los metatarsos gruesos y cerca de tres veces más largos que anchos en el ♂ (fig. 6). Las del par posterior son más largas que las medianas.

Las alas son anchas y de la misma longitud que el abdomen pero en el ejemplar ♀ (fig. 7) se han alargado por efecto de la presión y parecen más estrechas. La venación es claramente de *Hilara*, la vena subcostal es muy fina y corta, la radial 1.<sup>a</sup>, que es gruesa, se ensancha en el extremo en forma de estigma, la horquilla de la vena radial



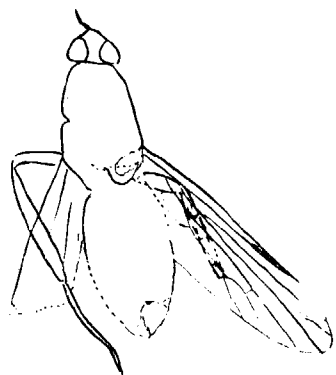


Fig. 7.—*Hilara royoï nov. sp.* Esquema de la fig. 2 de la lám. IV.

es larga y aguda y la vena transversa media es cóncava hacia afuera.

La vena cubital 1.<sup>a</sup> se une a la media 3.<sup>a</sup> en el tercio basal de la célula 1.<sup>a</sup> mediana. Tanto las ramas de la vena media como las de la anal son extremadamente finas. El lóbulo auxiliar o anal forma un ángulo casi recto.

Abdomen oval, alargado y con los segmentos confusos.

## ORDEN ODONATOS

### FAMILIA AGRIONIDAE

*Platycnemis ? cincuneguii nov. sp.*

*Fig. 8. Lám. IV, fig. 3.*

A pesar del mal estado en que se encuentra este fósil, se distinguen en él las dos nerviaciones antecubitales características de la familia *Agrionidae*. Por el carácter de

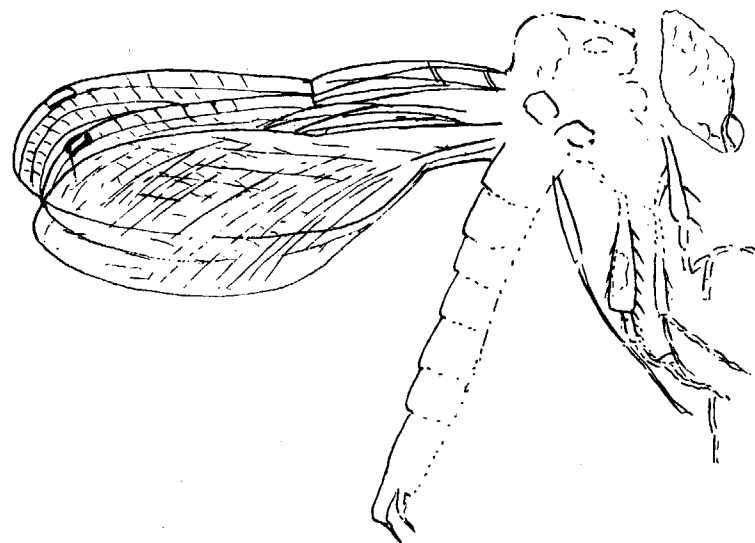


Fig. 8.—*Platycnemis cincuneguii nov. sp.* Esquema de la fig. 3 de la lám. IV.



las tibias ensanchadas lo incluyo, aunque con duda, en el género *Platycnemis*.

La cabeza y el tórax están muy destrozados, y este último está roto, estando separado del resto del cuerpo el protórax y parte del mesotórax.

Las patas son finas y largas, con pelitos cerdosos a excepción de una tibia que aparece claramente engrosada presentando también los pelos largos, cerdosos.

Las alas tienen las dos venaciones antecubitales bien marcadas, y los estigmas que se aproximan a los de los *Platycnemis* actuales, pero el resto de la venación no es posible distinguirlo por estar las cuatro alas superpuestas.

El abdomen es grueso y corto y en él se cuentan unos 8 segmentos, terminándose por la pinza genital. Me inclino a creer que se ha acortado por efecto de presiones.



Fig. 1. *Hilara royoi* nov. sp. x 7.  
Col. Museo de Historia Natural.



Fig. 2. *Hilara royoi* nov. sp. x 6,5.  
Col. del Instituto Geológico de España.

Foto. Royo.

Fig. 3. *Platycnemis cincuneguii* nov. sp. x 6,5.

COLECCIÓN DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL.



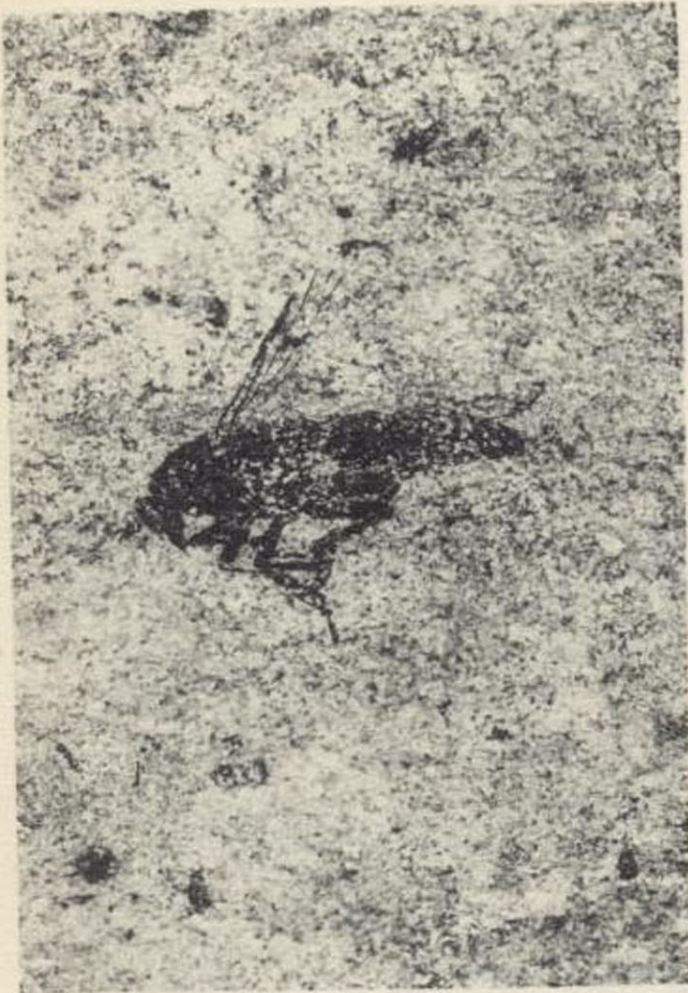


Fig. 1. *Hilara royo* nov. sp. x 7.  
Col. Museo de Historia Natural.



Fig. 2. *Hilara royo* nov. sp. x 6,5.  
Col. del Instituto Geológico de España,



Foto. Royo.

Fig. 3. *Platycnemis cincunegui* nov. sp. x 6,5.

COLECCIÓN DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL.



## INSECTOS DE DETERMINACIÓN DUDOSA

Además de estos insectos cuya determinación es fácil, hay otros, que por ser únicos y estar peor conservados, sólo puede determinarse bien el orden y en algunos la familia.

La fig. 1.<sup>a</sup> de la lám. V es un *Himenóptero*, con antenas largas y filiformes, en las cuales se cuentan con dificultad 18 artejos. La cabeza no está bien separada del tórax

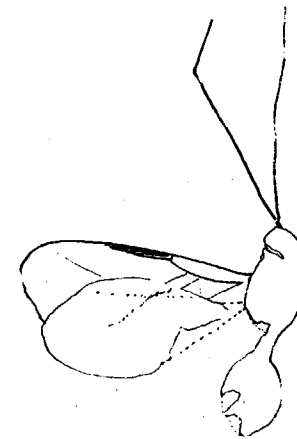


Fig. 9—Braconido. Esquema de la fig. 1 de la lám. V.



mientras el abdomen tiene bien claro el pedicelo. Las alas tienen claramente marcado el estigma (fig. 9) pero la venación es confusa. Por todos estos caracteres creo que se aproxima mucho a los *Ichneumonidae* y a los *Braconidae* más bien a estos últimos.

La fig. 5 de la misma lámina, es también otro *Himénoptero*, que está peor conservado y en el cual sólo se distingue bien el abdomen, mientras el resto del cuerpo,

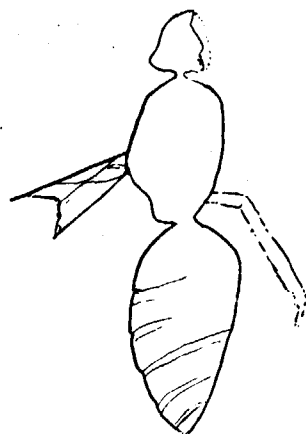


Fig. 10.—Formicido. Esquema de la fig. 5 de la lám. V.

la cabeza, lo mismo que las alas, y el tórax están destrozados. Por su aspecto general se aproxima a los *Formicidae* (fig. 10).

La fig. 2 de la lámina V es un *Coleóptero* en el cual se distingue bien la antena que parece tener cinco artejos (fig. 11) y las mandíbulas. Las patas están cortadas por los fémures, que son gruesos.



Fig. 1. Braconido x 6



Fig. 2. Coleoptero x 5



Fig. 3. Capsido x 6



Fig. 4. Cercopido x 6

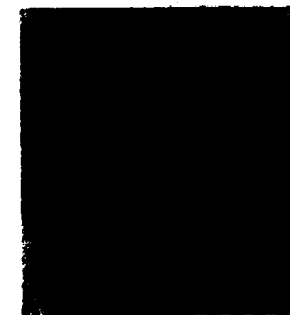


Fig 5. Formicido x 6

COLECCIÓN MUSEO DE HISTORIA NATURAL.



Foto Royo.

Fig. 6. Ala de tricoptero x 6

COLECCIÓN DEL INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA.





Fig. 1. Braconido x 6



Fig. 2. Coleoptero x 5



Fig. 3. Capsido x 6



Fig. 4. Cercopido x 6



Fig. 5. Formicido x 6

COLECCIÓN MUSEO DE HISTORIA NATURAL.



Foto Royo.

Fig. 6. Ala de tricoptero x 6

COLECCIÓN DEL INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA,





Fig. 11.—Coleóptero. Esquema de la fig. 2 de la lám. V.

El *Hemíptero* de la misma lámina (fig. 3), es por su aspecto un *Capsidae*, y en el ala izquierda que es la mejor conservada, se distingue una pequeña pieza que debe ser el *cuneus* (fig. 12). Las antenas de cuatro artejos, el prime-

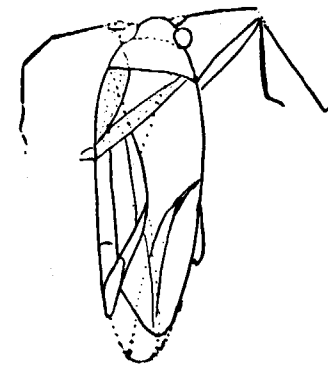


Fig. 12.—Cápsido. Esquema de la fig. 3 de la lám. V.

ro grueso, el segundo largo y los dos siguientes más pequeños y doblados. La cabeza en forma redondeada por



delante, los ojos casi circulares. En la *coria* se distingue muy bien dos nerviaciones longitudinales, como igualmente la celda de la membrana mientras que el resto de ésta está roto. La pata anterior que es la única que se ve bien, es gruesa y larga.

La fig. 4 de esta lámina representa otro *Hemíptero Cercopidae*, que quedó sobre el dorso al depositarse en el esquisto. La parte inferior de la cabeza presenta una quilla y estrías transversales que están bien marcadas en los *Hemípteros* de esta familia (fig. 13). El rostro se presenta de un color más claro que el resto. La segmentación del abdomen es clara, y los élitros se distinguen mejor en

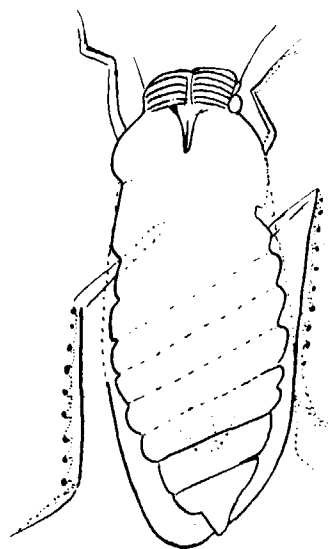


Fig. 13.—Cercópido. Esquema de la fig. 4 de la lám. V.

la parte terminal. Las patas están mal conservadas y aparecen a modo de líneas, y en las del par posterior tienen además una serie de puntos que seguramente marcan las espinas. Éstas me hicieron creer primeramente que se trataba de un *Jassidae* pero la estriación de la cabeza es más bien de *Cercopidae*. La antena tiene el artejo basal grueso con una cerda en su extremo.

El ala representada en la misma lámina, fig. 6, parece pertenecer por la forma a un *Tricóptero*, y por tener una estriación muy fina y ondulada que debe ser originada por los pelitos que presenta el ala de estos animales. La venación está enmascarada por completo por esta estriación. Pudiera ser que este ala perteneciera a un *Lepidóptero* y que fueran las escamas las que produjeran el aspecto estriado.

JUAN GIL COLLADO

Licenciado en Ciencias y Conservador de Entomología del Museo Nacional de Ciencias Naturales.



ESQUISTOS BITUMINOSOS  
**DE RIBESALBES (CASTELLÓN)**

**Notas relativas a su naturaleza  
y a su explotación industrial**



ESQUISTOS BITUMINOSOS

**DE RIBESALBES (CASTELLÓN)**

**Notas relativas a su composición y a su  
aprovechamiento industrial**

GENERALIDADES

CONCLUSIONES—SU JUSTIFICACIÓN:

Análisis diversos del material crudo, de los productos de pirogenación (gases, aceites crudos y refinados) y del residuo.

Estudio de la acción de elevadas temperaturas sobre el mineral. Deducciones de estos trabajos analíticos.

Diversos ensayos de esquistos bituminosos de naturaleza calcárea (margas). Experiencias realizadas en "El Makarin" (Siria), Velten, Roff y Schandelach (Alemania), Kinnelkulle (Suecia), Manchuria y Gales del Sur.

Condiciones que deben reunir las destilerías de este material carbonoso: normas generales y normas características. Retortas apropiadas.

Proceso industrial. Necesidad de crackinizar el aceite crudo y de llegar a altas compresiones de los vapores incondensables normalmente, para conseguir una ventajosa explotación.



**ANEXO:**

Representación gráfica del estado de bitumificación y de la retención de los compuestos formados en los esquistos de referencia.

Gráfico de la influencia de las temperaturas en la pirogenación.

Gráfico de las cargas.

Representación esquemática del tratamiento industrial recomendado.

---

**GENERALIDADES**

El problema de atender a necesidades del país en orden a los combustibles líquidos, disminuyendo en lo posible las importaciones, resulta, como todos sabemos, cada día más apremiante, como lo es también el de integrar al torrente de la economía nacional, la mayor cantidad posible de elementos arrancados del subsuelo. Por ambas razones tan poderosas, el estudio de los materiales carbonosos que pueden procurarnos aquéllos, y beneficiar a la riqueza patria, ha de ser naturalmente de verdadero interés.

Los esquistos bituminosos de Ribesalbes se hallan en este caso y tienen además una historia: la de diversas tentativas que con ellos se han llevado a cabo, por empresas extranjeras en su período de iniciación y por otras del país más tarde. Aquéllas y éstas han fracasado, porque ninguna reunió la totalidad de los elementos que precisaban para ir al éxito franco y decidido: inteligencia o conocimiento del problema a fondo, capital suficiente para emprender un negocio que sólo en grande escala puede existir, y un ambiente económico propicio, libre de com-



petencias ruinosas con productos similares que surgen de otras tierras lejanas, más privilegiadas. Reunir la primera, que hoy está mucho más capacitada que en la época a que nos referimos, con la disponibilidad de los medios materiales suficientes y el apoyo del Estado imprescindible para contrarrestar las dificultades del mercado nacional, es seguramente labor útil y beneficiosa para la colectividad.

Existen además razones para la divulgación razonada de este género de estudios. El formar criterios sanos y bien orientados haciendo ver que estos problemas, como todos los que influyen hondamente en la vida nacional, no son cuestiones simplistas, fácilmente juzgables, para conducirnos a un optimismo injustificado o a un pesimismo abrumador, es obra que a todos interesa, como lo es también el despertar estas aficiones entre los elementos técnicos del país y entre los hombres de negocios. Así el enjuiciamiento serio y documentado nos mostrará si la utilización de tal o cual material es posible, o debe de ser desechado, porque bueno es que se siembre y se esparza la semilla, cuidando un poco de la calidad del grano.

## CONCLUSIONES

1.<sup>a</sup> Los esquistos bituminosos de Ribesalbes son margas carbonosas en el estado de bitumificación correspondiente a los materiales eegonobituminosos (aceites crudos despolimerizados) con restos del anterior catabituminoso, (elementos muy despolimerizados de alto peso molecular) y trazas del polibituminoso (hidrocarburos muy polimerizados con ácidos libres).

2.<sup>a</sup> El material de impregnación es una mezcla íntima de carbonatos de cal y de magnesia (dominando el primero) con silicatos de alúmina. En tales condiciones la retención coloidal fué escasa, perdiéndose gran parte de los hidrocarburos saturados, y de aceites ligeros. Por la misma causa hubo acumulación de los compuestos de azufre y de nitrógeno.

3.<sup>a</sup> Para evitar en lo posible la disociación de los referidos carbonatos y la presencia del ácido carbónico en elevada proporción en los gases de destilación, procede evitar en las retortas temperaturas de 800° C. y mayores. Por otra parte la de 600° C. resulta insuficiente para la total eliminación de los betunes y aceites consiguientes, que



vienen aprisionados en los esquistos de referencia. Las intermedias son las aconsejables.

4.<sup>a</sup> El aceite crudo resultante de la pirogenación tiene los siguientes caracteres principales: pocos hidrocarburos ligeros, alta densidad, muchos hidrocarburos no saturados y proporción excesiva de compuesto de azufre. El nitrógeno combinado (serie pirídica principalmente) comunica al aceite crudo y a los destilados, olor repugnante de difícil eliminación.

5.<sup>a</sup> Por las razones insertas en la conclusión que precede, el tratamiento ordinario de los aceites brutos por destilación subsiguiente, para fraccionar los productos, y la depuración química, debe de rechazarse en absoluto. Los aceites ligeros, y especialmente los medios, y pesados, no podrán recomendarse para motores (excesiva proporción de azufre y olor muy desagradable), ni tampoco para la fabricación de materias lubricantes, porque para esta última aplicación existen, en débil proporción los hidrocarburos nafténicos. Se impone así un nuevo método de tratamiento.

6.<sup>a</sup> El procedimiento seguro de aprovechamiento del aceite crudo sería, previa la separación de las gasolinas pesadas (hasta 230° C. por ejemplo) y el asfalto después de una sola destilación, el de crackinizar todos los demás aceites (métodos Cross, Dubbs o Meta) y transformarlos en gasolinas ligeras. Igualmente debería comprimirse la porción incondensable a la temperatura ordinaria y los gases de la crackinización, hasta 10 o mejor 40 atmósferas. Estas gasolinas serían fácilmente desulfuradas. El resultado total de la explotación de referencia consistiría en utilizar los residuos minerales de los esquistos como material más o menos hidráulico, y en fabricar abundantes gasolinas extra-ligeras, ligeras, medias y pesadas, utilizables todas

ellas en los motores a explosión (aviación, automovilismo de lujo, camionaje y motores fijos) de inmejorables condiciones, por su mayor resistencia a la preignición, y la tendencia a establecer en el motor el régimen anti-de-tonante.

La justificación y detalle de estas Conclusiones pueden verse en las notas que siguen.

\* \* \*

El material de referencia o marga disodílica, puede ser objeto ciertamente de un tratamiento industrial, que como todo proceso de destilación pirogenada de materiales carbonosos, ha de dar lugar a productos combustibles diversos. Existen gran número de factores que en el problema concurren; los que dependen de la naturaleza del esquisto y que constituyen así un grupo imperativo para nosotros, y los que son consecuencia de la instalación que se elija. El conocimiento exacto del primero, nos hará posible la más conveniente determinación de esta última.

Nos creemos obligados a llamar la atención de lo interesante que es para asegurar el éxito de la empresa explotadora el reconocer los criaderos a fondo, con toda minuciosidad en un principio, para obtener muestras promedio verdad, o para clasificarlas, si son muy diferentes, y someterlas, según la clase, a los más adecuados métodos. Es indispensable, después, el estudio de la naturaleza del material con todo detalle, si queremos huir de la posibilidad de un fracaso. Dos poderosas Compañías inglesas que copiando fielmente la industria similar de Escocia



explotaron los esquistos de referencia, dieron al traste con sumas fabulosas y, lo que es más perjudicial para el país, sembraron así el pánico entre los capitales nacionales que no han atendido después a éste, ni a otros análogos negocios.

La causa principal de tales desaciertos, dejando aparte otras de orden administrativo, y aun de la forma en que el negocio quedó planteado, fué el desconocimiento de las condiciones del material. Nos referimos principalmente al hecho siguiente: Los esquistos escoceses carecen de carbonatos de cal en su composición, y por consecuencia cuando se calientan a elevadas temperaturas sólo desprenden además del agua higroscópica y de constitución los hidrocarburos condensables y gases (hidrógeno, óxido de carbono, metano e hidrocarburos homólogos, amoníaco, etc.) apareciendo tan solo muy pequeñas cantidades de anhídrido carbónico. Contrariamente ocurre en la destilación de los esquistos de referencia donde se desprenden grandes cantidades de este último gas, por la descomposición de los carbonatos de cal y de magnesia que, como hemos dicho, el mineral contiene. Ésta era la causa de que los gases incondensables dejaran de arder frecuentemente en los conductos de las retortas *Young y Fife* allí empleadas, iniciándose el fuego con fuertes explosiones, según la composición de los citados gases que era naturalmente variable, en cada período de la destilación. No se conseguían así las altas temperaturas indispensables para el total agotamiento de los aceites que pueden desprenderse del mineral. De este hecho y de otros, con sus consecuencias trataremos oportunamente en los párrafos que a la explotación industrial de aquél dedicamos en estas notas.

\*  
\*  
\*

La naturaleza de las disodilas de referencia es ciertamente muy variable. La variedad negra es sin duda la más rica en materias orgánicas. Sigue la variedad gris más abundante que la primera pero mucho más pobre en aquellos elementos. Los trabajos de laboratorios y los cálculos que han servido de base a la explotación de tales esquistos están fundamentados en las más ricas calidades. Después, y como consecuencia de haber dejado el servicio de arranque y transporte en manos de un contratista, se han destilado en Ribesalbes, mezcla de unos y otros esquistos, con resultados muy inferiores así a los previstos.

Acompañamos los análisis del referido material que hemos podido procurarnos y los por nosotros realizados.



## ESQUISTOS

### ANÁLISIS DIVERSOS DEL MATERIAL CRUDO, DEL INSTITUTO QUÍMICO TÉCNICO DE BARCELONA

Substancias minerales fijas. . . . . 50,40 %	{	Sílice. . . . . 20,5 %
		Alúmina. . . . . 9,0 »
		Óxido de hierro. . . . . 1,2 »
		Carbonato de cal. . . . . 12,4 »
		Carbonato de magnesia 4,6 »

Substancias combusti- bles. . . . . 36,65 %	{	Azufre . . . . . 2,7 %
		Aceites. . . . . 11,25 »
		Gases no condensa- bles a 25° C. . . . . 12,6 »
		Coque. . . . . 12,8 »

Agua de impregnación . . . . . 5,1 »
Agua de combinación . . . . . 7,5 »
Nitrógeno total . . . . . 0,95 »

Esta cantidad de nitrógeno corresponde a 0,425 % de amoníaco o a 16,50 kgms. de sulfato amónico por tonelada. En la práctica industrial este rendimiento es muy inferior. El 12,6% de agua amoniacal contiene 5,10 gr. de amoníaco.

Densidad de la disolida negra . . . . .	1,741
Densidad del mineral margoso intercalado . . . . .	2,190

### LABORATORIO DE ESLINGE

#### Análisis de destilación general

Aceites . . . . .	9,1
Agua . . . . .	5,2
Gases no condensables . . . . .	3,0
Residuo . . . . .	87,7

Densidad del aceite crudo a 15° C. 0,913.

Destilación del aceite crudo, según el método Engler.

Bencina destilando entre 138-150° C. 4 %.

Hidrocarburos análogos al petróleo 19,2 %.

Aceites lubricantes 57,6 %.

#### Determinaciones especiales

Nitrógeno total al estado crudo 0,54 %.

Las aguas amoniacales contienen 0,26 %.

Poder calorífico del esquisto crudo, 1.496 calorías.

Poder calórico del residuo de carbonización, 634 calorías.

Id. id. aceite bruto. . . . . 9.500-10.000 »

Id. id. de los gases no condensables, 7.000-2.500 »

El residuo de la destilación acusa la composición siguiente:

Ácido silícico. . . . .	21,31 %
Óxido de hierro. . . . .	4,37 »
Óxido de alúmina . . . . .	11,18 »
Óxido de calcio . . . . .	28,36 »
Óxido de magnesio . . . . .	6,51 »
Óxidos de sodio y calcio . . . . .	1,50 »
	73,23
Pérdida de la calcinación . . . . .	26,77
	100,00

Este residuo constituye con las correspondientes adiciones un material utilizable como cemento y en la preparación de la piedra de construcción.

El aceite crudo resulta extraordinariamente rico en parafina, pues que llega ésta a la proporción del 4 %.

El análisis medio aceptado por las antiguas Compañías explotadoras de estos esquistos "Castellón Oil Company" "Empresas Españolas Limited", resultado de los llevados a cabo en diferentes laboratorios ingleses es el siguiente:

**Mineral crudo:**

Sílice .....	12 %	Carbonato de cal ..	45 %
Alúmina .....	8 »	Sulfato de cal .....	3 »
Óxido de hierro ..	3 »	Magnesia .....	2 »
	Aceite crudo ...		10 %
	Agua .....		4 »
	Gas .....		4 »
	Carbón fijo .....		9 »

En la retorta tipo Scheithaner recomendada por la Asociación de destiladores alemanes de lignitos y esquistos llevé a cabo el mismo análisis, con muestra que procedía del fondo de las excavaciones, obteniendo el 18 % de aceite (4,4 galones %).

Los trabajos de Mister Cowan dieron, con una muestra media de la zona explotada, 30 galones por tonelada.

Utilizando la misma retorta e igual marcha en todo el proceso destilativo con pizarra de Broelurn (Escocia) solamente conseguí un rendimiento de 13 %.

**DESTILACIÓN FRACCIONARIA DEL ACEITE BRUTO**

Del Instituto Químico Técnico de Barcelona del Doctor Novellas.

A 85° C. destilan las primeras gotas.	
De 90—110° C. ....	6 %
De 110—130° C. ....	3 »
De 130—150° C. ....	7 »
De 150—170° C. ....	8,5 »
De 170—190° C. ....	5,5 »
De 190—210° C. ....	2,5 »
De 210—230° C. ....	2,5 »
De 230—250° C. ....	3,5 »
De 250—270° C. ....	6,5 »
De 270—290° C. ....	9,5 »
De 290—310° C. ....	16,5 »
De 310—320° C. ....	13 »
Breas y parafinas. ....	16 »

**Determinaciones especiales**

*Aceite bruto:*

Azufre combinado y disuelto. .	0,41 %
Densidad a 15° C. ....	0,906
Potencia calorífica (Berthelot-Mahler). ....	9.300 calorías

*Aceite ligero:*

Densidad a 15° C. ....	0,841
Potencia calorífica (Berthelot-Mahler). ....	10.050 calorías



*Aceite pesado:*

Densidad a 15° C. . . . . 0,928

Potencia calorífica (Berthelot-

Mahler). . . . . 9.180 calorías.

Termina este análisis con la consideración de que si se conduce la destilación seca del mineral de una manera adecuada es posible aumentar en cierta medida la proporción de aceites a expensas de los gases del coque.

ANÁLISIS DE LOS QUÍMICOS R. R. TATLOCK Y  
THOMSON DE GLASGOW

	Por 100	Peso específico	Punto de solidificación F.
Aceite crudo. . . . .	100,0	0,915	44°
— destilado. . . . .	97,0	0,911	34°
— después del tratamiento químico. . . . .	90,5	0,895	33°
Aceite verde . . . . .	30,5	0,905	57°
Aceite azul. . . . .	58,0	0,901	20°

Convenientemente fraccionado el aceite después del consiguiente tratamiento químico produce los materiales siguientes:

	Por 100 en volumen	Peso específico	Temperatura inflamabilidad
Naphta para motores. . . . .	2,5	0,785	
Aceite para alumbrado . . . . .	12,5	0,840	82° F.
— intermedio (fuel). . . . .	44,5	0,890	200° F.
— lubricante. . . . .	19,0	0,940	
Parafina en escama. . . . .	2,0		
Pérdida por todos los refinados. . . . .	19,5		

Parafinas en libras inglesas por

100 galones. . . . . 15

Coque de parafina . . . . . 8

La viscosidad del aceite lubricante en el viscosímetro Redwods en segundos a 70° F. . . . . 110

Aseguran estos técnicos que los referidos aceites pueden ser tan fácilmente refinados como los mejores de procedencia escocesa, pudiendo conseguirse fácilmente de ellos productos de fácil colocación en el mercado.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL ACEITE  
CRUDO DE A. MORA

## Características físicas

Color: Azul muy oscuro por reflexión. Rojo por refracción.  
Olor: Muy desagradable, recordando los productos básicos sulfurados.  
Punto de fusión Kraemer 19°C.  
Humedad por 100 . . . . 0,10 %  
Densidad a 15° C. . . . . 0,915

## Características químicas

Aceite por % redestilado . . . . . 93,00 %  
Asfalto blando insoluble en el alcohol-éter (Holde) . . . . . 1,80 %  
Asfalto duro insoluble en el benzol (Holde) . . . . . 3,28 %  
Carbón libre . . . . . 1,08 %

Componentes especiales	{	Azufre por % (Método	
		Escka) . . . . .	1,68 %
		Fenol y homólogos. . .	2,50 »
		Bases pirídicas. . . . .	2,00 »
	{	Parafina. . . . .	2,50 »

**Estudio de la acción del calor sobre mineral sometido a temperaturas diversas.**—El ingeniero industrial D. A. Ferrán, de Barcelona, estudió detenidamente la influencia decisiva del calor creciente sobre estas margas bituminosas, puestas fuera del contacto del aire, reconociendo así distintos fenómenos, independientes unos de otros, si bien más o menos superpuestos. Temperaturas no muy apartadas de los 100° C. originan tan solo una pérdida del agua retenida por la substancia con la consiguiente desecación de la misma. Elevando más la temperatura, comienzan a desdoblarse las materias orgánicas, empezando entonces una destilación pirogenada, que como todas las de su clase, da origen a vapores condensables a la temperatura ambiente, y gases que no se condensan a esta temperatura. Los productos condensados en este caso son de naturaleza aceitosa, algo espesos y de color pardo; los gases no son combustibles y poseen un olor especial. Luego, al aumentar más la temperatura y acercarse a los 700° C. empieza a dejarse sentir su acción disociante, de un modo marcado sobre el carbonato cálcico, obteniéndose en los gases, cantidades cada vez mayores de anhídrido carbónico, resultando que acaban por no ser inflamables.

El rendimiento, naturalmente es variable con la temperatura, aumentando con ésta, pero con un límite impuesto por la total disociación de la materia orgánica lograda a

una temperatura suficientemente elevada. Este límite en el caso que nos ocupa, no está muy lejos de los 950° C. puesto que en las destilaciones hechas a temperaturas algo inferiores a ésta, el residuo de la destilación está casi exento de materia orgánica, como lo demuestra el color blanquecino que ha adquirido, y no dar ya más humos, aunque se caliente mucho más fuertemente.

Los resultados obtenidos en las distintas destilaciones llevadas a cabo, y las condiciones de temperatura y duración de aquéllas, se resumen en el cuadro siguiente:



N.º del ensayo	Temperatura máxima en grados C.	Duración en minutos	Aceites	Gases	Residuos	Observaciones
1	500	150	11,75	4,64	83,61	
2	500	215	11,86	3,78	84,26	
3	600	105	12,35	8,64	75,01	
4	650	120	13,56	»	»	No se determinaron
5	800	60	16,24	9,59	74,17	
6	850	120	15,80	19,27	64,93	

**Deducciones de los trabajos analíticos.**—Las conclusiones que de estos trabajos analíticos se derivan y que han de servir de base para estudiar la más conveniente instalación para explotar aquéllas industrialmente, son las siguientes:

A)—Se trata de una pizarra bituminosa del tipo de absorción, por materias inorgánicas coloidales, del petróleo formado, en forma que pudiéramos llamar selectiva por cuanto la retención fué más fácil de las moléculas más complejas como las de aceites pesados (especialmente compuestos de hidrocarburos no saturados) y la mayor parte de las combinaciones nitrogenadas y del azufre que constituyen los compuestos de alto peso molecular que existían en el aceite primitivo.

1º—Los aceites resultantes de la destilación son de alto peso específico, y dominan en ellos los hidrocarburos no saturados que en total alcanzan la proporción del 70 %. Así lo demuestra también la densidad del aceite intermedio (44,5 %,  $d=0,89$ ) y del lubricante (19 %,  $d=0,94$ ).

2º—La escasa proporción de gasolinas y aceites ligeros que aparecen en el aceite crudo (sólo el 10% a la temperatura de 180 ° C.) y el que la densidad de la porción más volátil (2,5 % es decir la cuarta parte del aceite citado), sea de 0,785 (hidrocarburos nafténicos).

3º—Los aceites procedentes de la destilación de estas pizarras contienen elevadas dosis de azufre (1,68 %). Este se presenta bajo las formas ordinarias de hidrógeno sulfurado, sulfuro de carbono, tiofenos, mercaptanes, etc., pero además formando combinaciones complejas con los compuestos pirídicos. Por esta razón los aceites brutos desprenden un olor muy desagradable.

4º—En la formación de tales esquistos concurren escasas materias vegetales (la celulosa y vasculosas pro-

ducen, como sabemos, en la destilación cantidades importantes de fenoles y homólogos y en esta pizarra sólo obtuvimos el 2,50 %). Contrariamente el nitrógeno, más abundante en los seres animales, se denuncia en los productos de destilación, aguas amoniacaes, y muy especialmente en los compuestos básicos importantes de la serie pirídica, (piridina, picolina, lutidina, colidina, parvolina, etc.) La serie quinolinica no la he reconocido. Los compuestos nitrogenados no básicos, pirrol, metil-pirrol y de cianógeno, de muy difícil eliminación, existen en cantidades apreciables, resultando penosa así la depuración de estos aceites.

B)—No podemos olvidar que estos esquistos son margosos y como por su compacidad y la fuerte retención por ellos de los hidrocarburos se precisan altas temperaturas para explotarlos, existirá siempre el fenómeno de la disociación de los carbonatos que aquéllos contienen. Esta acción del calor será más sensible en los trozos del material que circulen a lo largo de las paredes de la retorta.

Queda bien descartada con estos antecedentes la posibilidad de que tales pizarras sean, como las de otras formaciones nacionales (Puertollano, por ejemplo) verdaderas torbanitas, que fueron depósitos de compuestos gelatinosos, reteniendo esporos de algas, formados *in situ* y absorbidos por partículas coloidales inorgánicas. En este caso la retención fué más completa y los aceites de destilación contienen, como sabemos, todos los hidrocarburos (los saturados en proporción mínima del 50 %).

Estos resultados están de acuerdo con los trabajos de los especialistas Philip Dumas, Renault y Bertrand.

## DIVERSOS ENSAYOS DE ESQUISTOS BITUMINOSOS DE NATURALEZA CALCÁREA (MARGAS)

Considero de interés el relatar, siquiera sea de una manera sucinta, las instalaciones donde se explotan y fueron en un día explotados, minerales bituminosos que contenían al igual que en Ribesalbes, carbonatos de cal y de magnesia.

La más importante de todas ellas, y que ha resultado al parecer, de buenos rendimientos, es la de "El Makarin" (Siria) en la que el material es un asfalto fuertemente calizo de formación cretácea, con el que se obtienen buenos aceites de engrase y combustibles utilizados en los motores de explosión. Es tal la potencialidad de la capa (40 m.) y la riqueza de este material en productos bituminosos (15-20%) que se destina una parte de ellos a la destilación en los hornos pozos, y no se aprovechan los gases permanentes en la calefacción. Por otra parte, la condensación está prevista en su forma más embrionaria, como es la compuesta por previos condensadores de aire y sencillos depósitos de mampostería a lo largo de los cuales se hallan instalados los tubos de órgano que condensan los hidrocarburos más volátiles. Análoga destilería se proyecta para utilizar las disodilas de la región del Líbano, comparando los resultados obtenidos con los de una retorta Rolle ya instalada allí.



También se han ensayado sin éxito otros materiales más o menos ricos en carbonatos, si bien la causa principal de estos fracasos ha sido la pobreza del mineral. Tanto en Velten, cerca de Berlín, la "Generator A. G." en sus hornos Ziegler, como las no menos conocidas de Schandelach, y de Wurtemberg en Alemania han tenido por base la explotación de pizarras bituminosas liásicas (pizarras posidónicas). Aparecen siempre en los gases permanentes de la destilación cantidades bastante sensibles de ácido carbónico. El análisis efectuado en la fábrica de gas de Stuttgart, de los gases obtenidos en la destilación de aquéllas, dió el siguiente resultado:

	Resultado medio	Resultado máximo
Hidrocarburos pesados . . .	0 . . . . .	9
Hidrógeno . . . . .	39 . . . . .	40
Metano . . . . .	7 . . . . .	8
Óxido de carbono . . . . .	7 . . . . .	8
Ácido carbónico . . . . .	14 . . . . .	15
Oxígeno . . . . .	0,3 . . . . .	0,5
Nitrógeno y ácido sulfhídrico . . . . .	15 . . . . .	20

Igualmente de formación terciaria existen yacimientos de margas disodílicas en Rott, cerca de Siegburg (Alemania) que sometidas a una pirogenación apropiada dan importante rendimiento de aceites crudos. El resultado total de la destilación parece ser el siguiente:

Agua . . . . .	24,2 %	Residuos carbonosos	46,3 %
Alquitrán . . . . .	20 »	Gas . . . . .	9,4 »

Este material fué tratado antiguamente (88.000 toneladas en el año 1866) hasta que la competencia del petróleo americano impidió la marcha entonces satisfactoria de la industria. La operación era conducida con vapor de agua



recalentado, introducido en las mismas retortas (hornos cilíndricos de hierro fundido).

Las pizarras destiladas en Kinnekulle, procedentes de la Manchuria, son también ricas en carbonatos. Los trabajos de Soen V. Berg utilizando sus retortas dan los resultados siguientes:

Aceites . . . . .	7,25 por 100
Gas por tonelada . . . . .	41,50 m <sup>3</sup> .

#### Composición del gas

SH <sub>2</sub> . . . . .	1	por 100	
CO <sub>2</sub> . . . . .	25,8	—	
Cm Hn . . . . .	0,7	—	
O <sub>2</sub> . . . . .	0,4	—	
CO . . . . .	7,9	—	100
H <sub>2</sub> . . . . .	26,2	—	
CH <sub>4</sub> y homólogos .	26,3	—	
Dif . . . . .	11,7	—	

Se ve así también un abundante desprendimiento del ácido carbónico. La explotación industrial de este material aun está en período de estudio.

Los esquistos bituminosos de Sommevest (Nueva Gales del Sur) que contienen una riqueza de hidrocarburos tal, que por destilación rinden desde el 1 al 9 por 100 de aceites crudos, son esencialmente de naturaleza margosa. En su composición entra el carbonato de cal en proporción del 55 hasta el 86 por 100 de su peso, siendo el resto silicatos alcalinos en su mayor parte y óxido de hierro, sulfato calcio y agua. La cantidad de ácido carbónico que se desprendió fué tan extraordinaria a la temperatura de 950° C., imprescindible para llegar al total desprendimiento de los hidrocarburos contenidos en el esquisto, que se consideró muy anormal por el químico experimentador

Walter S. Cooper asegurando que ello sería una grande dificultad al tratarse de explotar industrialmente este material.

## CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LAS DESTILERÍAS DE ESTE MATERIAL CARBONOSO

### Normas generales y especiales:

Para proceder a una buena instalación en Ribesalbes, deben tenerse en cuenta las normas generales de toda buena destilería (A) y las especiales que exigen aquellas margas disodílicas (B).

### Normas (A)

- a) Máximo rendimiento térmico y rendimiento de capacidad. Se consigue uno y otro procurando naturalmente la mayor relación posible entre el contenido del horno y la superficie de transmisión del calor. (Esta relación varía desde 2 m<sup>2</sup> por un metro cúbico, hasta 10 o 12 por 1, respectivamente).
- b) Pequeño espesor de la capa del material para vencer la exigua conductibilidad térmica.
- c) Facilidad de salida de los gases y vapores, llevados rápidamente a temperaturas inferiores a las de la destilación.
- d) Disposición de los fuegos, a fin de que rodeen las paredes de la retorta atmósferas de gases calientes totalmente expansivas, huyendo de tirajes de humos interiores que no lamen totalmente las superficies transmisoras.
- e) Aplicación de materiales constructivos que resistan perfectamente las altas temperaturas a que deben ser sometidos, y a los consiguientes cambios bruscos de éstas.



f) Instalación de dispositivos para conocer en los sitios donde interesen las temperaturas límites y para poder modificarlas con rapidez.

### Normas (B)

a) Extrema perfección de la norma A) al objeto de que a las temperaturas de disociación de los carbonatos no puedan exponerse aquellas margas sino en casos indispensables. Se tendrán en cuenta las prescripciones siguientes: No deberán conducirse las destilaciones a temperaturas inferiores a 600° C.; las más interesantes serán las que alcancen los 600-650 para reducir al mínimo la producción de CO<sub>2</sub> armonizada así con el mayor rendimiento.

Una producción al máximo de la retorta, es decir, una duración la más corta de la operación que será próximamente la mitad, puede conseguirse llegando a 800° C. En este caso ha de producirse una gran disociación de los carbonatos, con grave perjuicio de la condensación subsiguiente.

b) Es de absoluta necesidad el intercalar después de la previa condensación de los hidrocarburos densos, un dispositivo para eliminar el ácido carbónico desprendido, lavando los gases en turbina Pelton, (procedimiento utilizado en la fabricación del hidrógeno procedente del gas de agua después de la oxidación catalítica del óxido de carbono) sistema utilizado por la Badische Anilin und Soda Fabrik y en la instalación de Toulouse, ambas de amoníaco sintético, así como en la del nitrógeno, quemando el gas metano natural, para producir cianamida en Dinicio-Sanmartín (Rumanía); en el lavado con aceites, método preconizado en los hornos de coque y destilerías de carbones a bajas temperaturas para retener los vapores difícilmente condensables de benzol e hidrocarburos análo-

gos; y por último el de compresión empleado con éxito en varias destilerías de petróleo de Norte-América, en la de Pechelbronn (Alsacia) y perfeccionado por la Compañía Alkog de Gelsenkirche (cuenca del Rhin).

### Retortas apropiadas.

El estudiar ahora, siquiera sea en forma sucinta, cada uno de los tipos de retortas utilizadas ya en esta industria, para ver hasta qué punto cumplen con las condiciones indicadas, nos llevaría a una amplitud tal de este trabajo que no entra en nuestros propósitos. De todos modos me permitiré hacer notar que en Ribesalbes fueron ensayadas las conocidas con el nombre de "Henderson" primitivas y las de "Pentland" o "Young y Beilby" con buenos resultados. Estas últimas fueron trasladadas a Puertollano donde continúan dando un buen trabajo con las torbanitas de aquel yacimiento. Últimamente fueron ensayadas las que destilan a baja temperatura, y con inyección de gases permanentes, sometido el mineral a un movimiento giratorio a lo largo de su generatriz, que ocupa una posición ligeramente inclinada (sistema Del Monte). Por nuestra parte estudiamos en aquel tiempo un plan general de destilería que no pudo llevarse a la práctica por razones de índole económica.

Estimamos también de interés la retorta "Bryson" (utilizada en Escocia), la llamada "Korbofen" de Seefelder (Alemania) y muy particularmente la de "Freeman" y las que actualmente se ensayan en los Estados Unidos, que reduciendo a polvo el mineral previamente, permiten una total extracción de los productos de pirogenación, el reducir el cracking a su expresión mínima y el obtener en lugar de un aceite crudo, fracciones diversas, separables por las diversas temperaturas de destilación consiguientes. Es

evidente que la elección de la más apropiada retorta en cada caso, tiene una importancia capital en los resultados de la explotación, y por consecuencia las normas generales y las especiales citadas, han de tenerse muy en cuenta para su perfecto ajustaje a la práctica industrial.

### Proceso industrial

En las diversas consideraciones que venimos haciendo en este trabajo se van definiendo las manipulaciones a que deben someterse estos esquistos. Naturalmente que la primera condición que se impone es la de seleccionar el material, no tan solo evitando así el que pueda llevarse a la retorta una porción más o menos grande de estéril y con tal descuido el que se ocasionen perjuicios y gastos inútiles que a toda costa hay que evitar para que no lleguen a reflejarse en los resultados económicos de la empresa, sino para elegir el mejor esquisto, que en nuestro caso es el más rico en materias bituminosas. No debemos de olvidar que la mayoría de los desembolsos inherentes a esta fabricación, tales como el arranque, el transporte a pie de la destilería, la carga y calefacción de las retortas, así como su descarga, son totalmente los mismos para el material muy bituminoso que para el más pobre y así se concibe, que la utilidad nace de los rendimientos elevados. Bajo un supuesto de que los gastos se pagan con el 6 por 100 de rendimiento en aceite crudo, un mineral que dé el 7 por 100, comparado con otro que rinda el 14, produciría la séptima parte de beneficios que este último, en relación a la más importante fase de este proceso industrial, que es sin disputa la destilación.

Esta operación llevada a cabo en el tipo de retorta más adecuada, descompone como sabemos el esquisto en residuo mineral, en productos de fácil condensación y en ga-

ses permanentes a la temperatura ordinaria. El primero (A) es utilizable por sí solo y mejor con determinadas mezclas, como material hidráulico; el 2º es aceite (B) que por sus especiales condiciones de contener mucho azufre y elementos pirídicos y sulfuempidos de estos últimos, le hacen muy mal oliente y de refino difícil, debe de ser crackinizado; el 3º incondensable (C) ha de someterse a alta compresión para recuperar aun los hidrocarburos que retiene en forma de vapores.

**Necesidad de crackinizar el aceite crudo y de llegar a altas compresiones de los vapores incondensables normalmente, para conseguir una ventajosa explotación.**

El aceite crudo (B) debe de ser redestilado después, a fin de eliminar la porción más o menos grande de agua que le acompañe. Esta redestilación tiene un doble objeto, el de separar las gasolinas o aceites muy ligeros que contenga, fraccionando hasta 220-230° C., y el de eliminar la materia asfáltica y el coque. Así el crudo queda dispuesto para ser dissociado por cracking. Este rompimiento y agregación molecular simultáneos pueden ir acompañados de una acción catalítica (procedimiento Makonine o Prudhomme) y efectuarse bien en los recipientes Burt o mejor en los serpentines a presión Cross o Dubbs. El sistema Meta (calentando con baño de metal fundido) es muy recomendable. Los gases de esta disociación esencialmente ricos en metano e hidrocarburos homólogos deben de ser comprimidos. Los gases totalmente incondensables pueden destinarse después a la calefacción de las baterías de retortas.



La porción incondensable (B) debe ser ante todo lavada con agua a presión y con agitación rápida para absorber el ácido carbónico, o puede lavarse con aceite, o ser tratada con lechada de cal como efectúa la sociedad alemana Kohlenschwelungsgesellschaft. m. b. H de Frankfurt Main que tiene además como sabemos la ventaja de eliminar a su vez el ácido sulfhídrico. Sigue luego un enfriamiento y una previa compresión simultáneas a 4 o 5 kilos para recuperar las esencias ligeras destilando desde el pentano y amileno (35°-37° C.) hasta el nonano, noneno y nonafteno (148°-140°-135° C. de temperatura de ebullición, respectivas.)

La nueva porción incondensable podría someterse por fases sucesivas hasta la compresión de 40 atmósferas, siguiendo el método de la Alcock de Gelsenkirche. Así se obtendría una mezcla de hidrocarburos líquidos cuya potencia calorífica por kilogramo llegaría a 15.000 calorías, destilando desde 100° C. hasta 40° C. y cuyo peso específico, con relación al agua, es de 0,60 y el de sus vapores con relación al aire de 1,25. El empleo de este líquido como combustible presenta extraordinarias ventajas sobre el del acetileno y del hidrógeno en la soldadura de metales. El adjunto cuadro lo demuestra bien claramente.

**Una bombona de acero de 80 kgs. de tasa y 40 litros de capacidad contiene:**

MATERIAL	PESO	VOLUMEN A 0° Y 760 m/m.	PRESIÓN DE LA BOMBONA	CALORÍAS
Hidrocarburos de compresión. . . . .	20 ks.	13,6 m <sup>3</sup>	40 at.	200.000
Acetileno disuelto. . . . .	6,4	5,9 »	60 »	77.700
Hidrógeno. . . . .	0,54	6,00 »	150 »	15.500

La adecuada desulfuración de estas gasolinas así como su tratamiento químico es absolutamente indispensable.

Esta marcha industrial evitaría todo desacierto en la fabricación de productos intermedios. Ordinariamente se lleva a cabo, como sabemos, en las destilerías la separación de los productos diversos por lotes de fraccionamiento. En este caso los aceites ligeros, los medios para el uso en los motores Semi-Diesel y los pesados para Diesel resultarían con dosis exageradas de azufre y de olor muy desagradable. La depuración mediante el ácido sulfúrico es muy delicada por la facilidad de formarse sulfoconjugados. Las bases pirídicas combinadas con el azufre tampoco son solubles en aquél, ni concentrado, ni diluido, etc. etc. La exigua proporción de hidrocarburos nafténicos no permite ni siquiera con una estrecha concentración, el producir grasas minerales viscosas de lubricación. Por otra parte la técnica química avanza sin contratiempos por los nuevos senderos del cracking y de la catalización, como lo demuestra el buen funcionamiento de las instalaciones que surgen en naciones diversas acomodadas a las condiciones especiales de las materias primas respectivas, y a las también imperativas de los mercados.

La instalación así propuesta sólo produciría gasolinas de los cuatro grupos: aviación, automovilismo de lujo, camionaje y para motores a explosión agrícolas fijos, de excelentes condiciones, que sólo enumero para no hacer este trabajo demasiado largo:

1°—Aumentar la resistencia de la preignición permitiendo en los motores compresiones superiores a las ordinarias (4½ y 5 kgms.) con un mayor rendimiento por consecuencia.

2°—Facilitar el régimen anti-detonante del motor por

la menor velocidad de las ondas explosivas, (mayor rendimiento y conservación del motor).

3°—Procurar una mayor suavidad en el cambio de velocidades.

4°—Su mezcla con las gasolinas de importación mejoraría las condiciones de éstas.

El último gráfico que se acompaña muestra sintéticamente esta serie de procedimientos.

ANTONIO MORA  
Ingeniero Industrial

ESTUDIO  
DE  
**RESTOS FÓSILES DE TORTUGA**  
RECIENTEMENTE ENCONTRADOS EN  
**CATALUÑA**

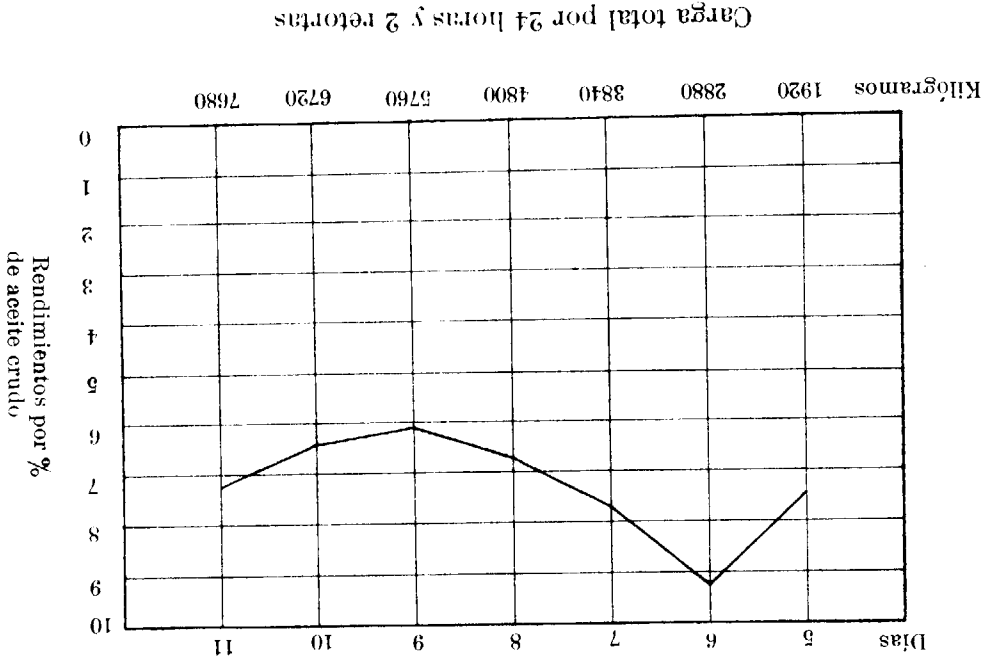


ESTUDIO  
DE  
**RESTOS FÓSILES DE TORTUGA**  
RECIENTEMENTE ENCONTRADOS EN  
**CATALUÑA**



CUENCA DE ESQUISTOS BITUMINOSOS DE RIBESALBES  
Retortas utilizadas por la Sociedad Comercial de Berna

EXPERIENCIAS "B" CARGA VARIABLE, Y ASPIRACIÓN, TEMPERATURA, Y TIEMPO FIJOS  
80 m/m 700° C. y 24 horas respectivamente



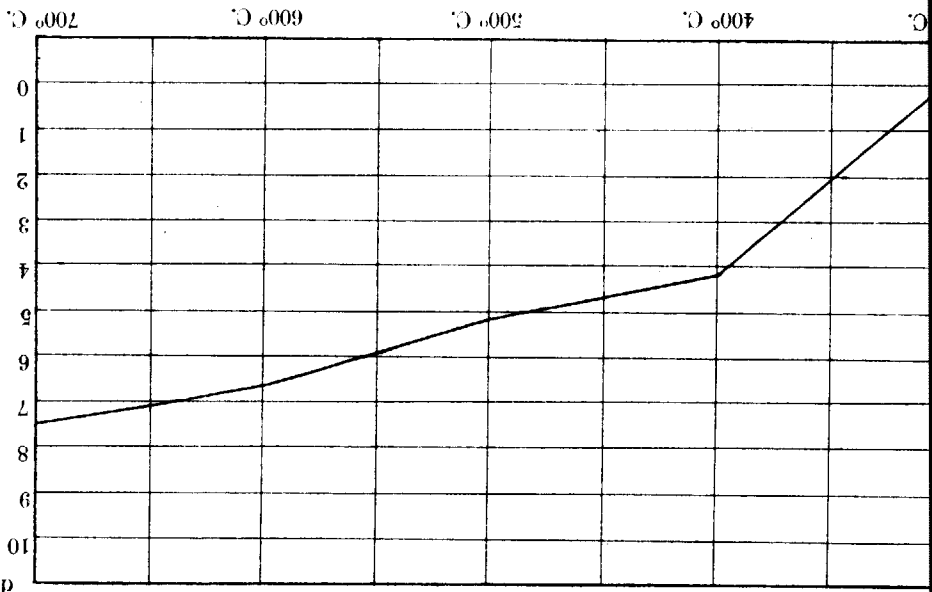
Ribesalbes días 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 de febrero de 1918





CUENCA DE ESQUITOS BITUMINOSOS DE RIBSALBRES  
CIAS "A" DE TEMPERATURAS, CON VACÍO Y CARGA FIJOS, CORRESPONDIENTES  
A 80 m/m. DE AGUA Y 120 KGS. DE CARGA POR RETORTA CADA 3 HORAS

Tanto por ciento  
de aceite crudo



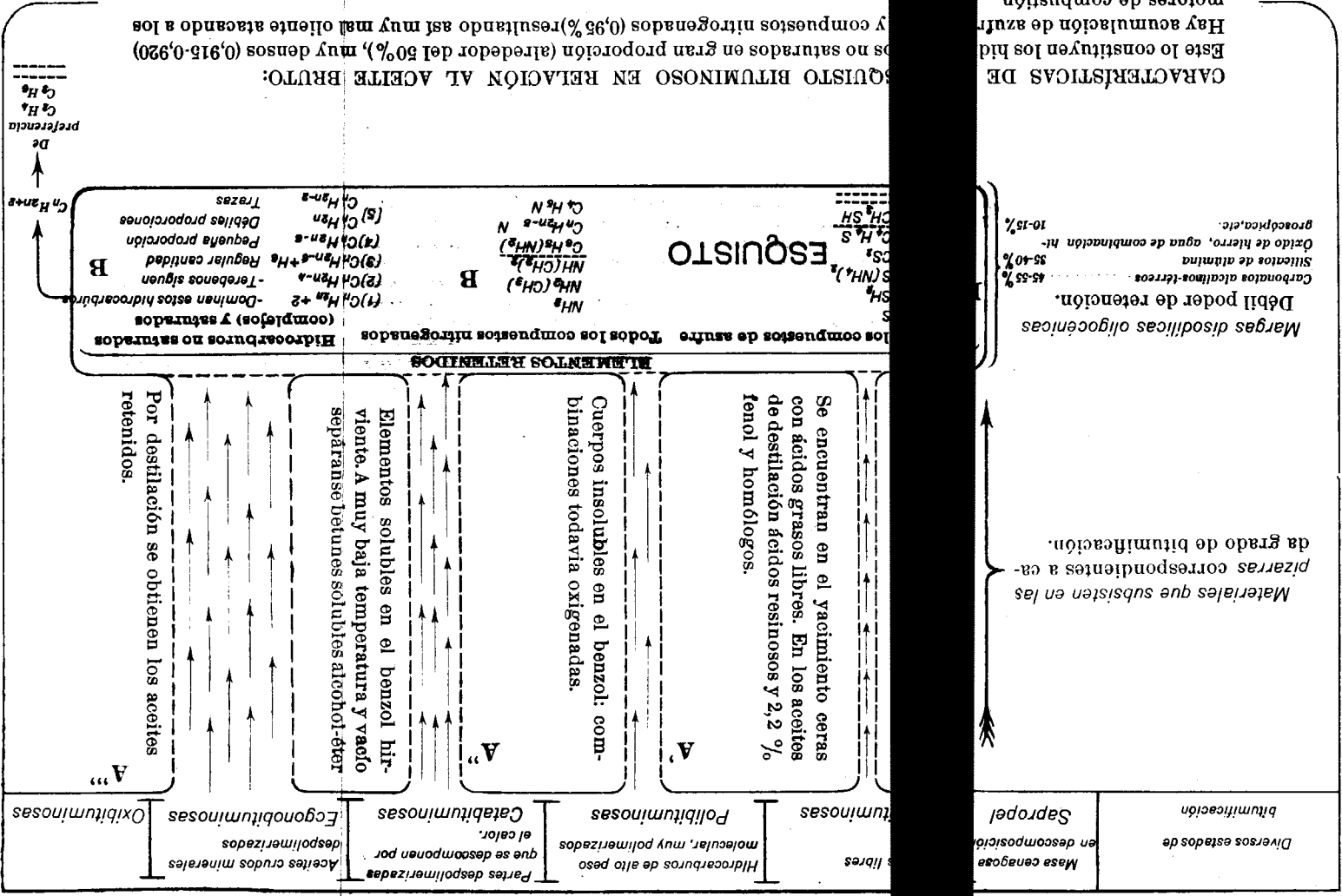
s 1, 2, 3 y 4 de febrero de 1918.

EI

Temperatura



ESQUISMO BITUMINOSOS DE RIBESALBES REPRESENTACIÓN (A) Y RETENCIÓN (B)





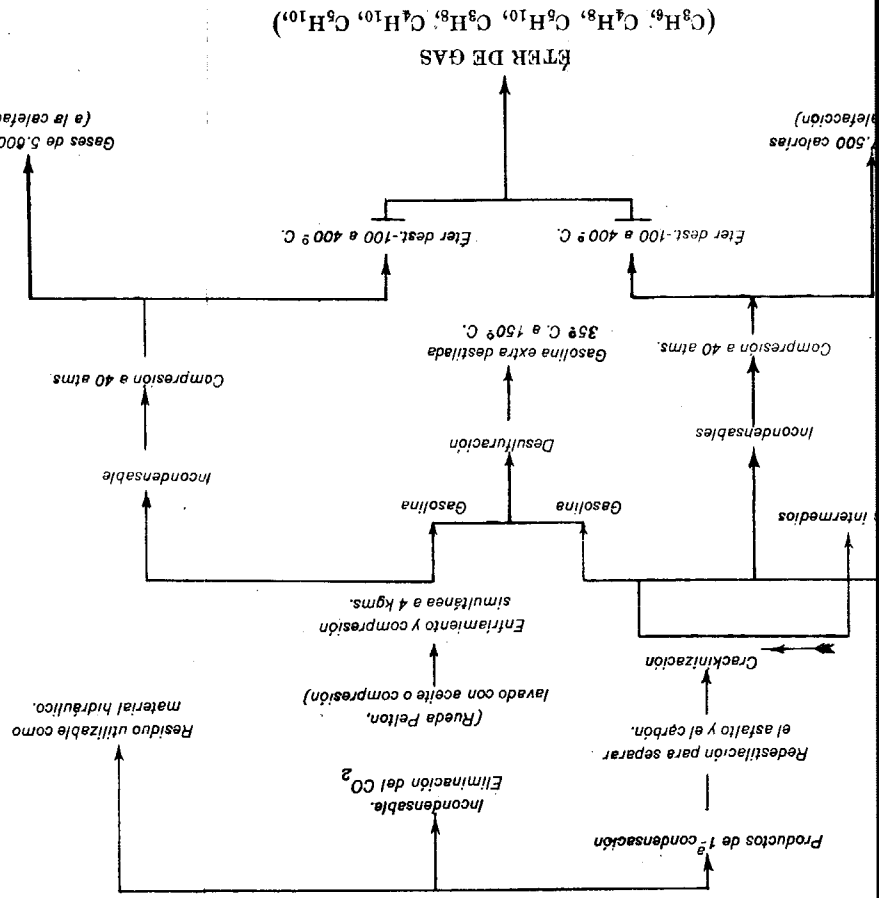
TR  
La  
téc  
ro, ét



ENTO INDUSTRIAL DEL ESQUISTO BITUMINOSO DE RIBESALTES  
za completa especial de los productos de destilación, hacen recomendable un proceso  
reducido a su expresión mínima con la sola obtención de dos tipos de aceite muy lige-  
y gasolina extra.

EXTRACCIÓN DEL MINERAL SELECCIONADO

Destilación a 750° C. (Temperatura máxima)  
eo de retortas continuas con calefacción fácilmente regulable.  
on preferibles las que tratan el mineral reducido a polvo.



Si la compresión de los gases permanentes se detiene a 10 atms.  
odría obtenerse rigoleno (pentano y amileno).  
Las fases del proceso de fabricación que se recomiendan, y que vie-  
e representado en el adjunto esquema, están ya industrializadas  
n varias instalaciones atendiendo a finalidades diversas. En el caso  
ctual, solo se hace un acoplamiento que haría viable técnica y eco-  
nómicamente el problema.

## ÍNDICE

	<u>Páginas.</u>
Exposición . . . . .	3
Nota sintética . . . . .	13
Estudio geológico de los criaderos . . . . .	17
Formaciones cuaternarias. . . . .	21
Cuenca de Ribesalbes . . . . .	22
Corte . . . . .	24
Prolongación meridional de La Rinconada. . . . .	25
Prolongaciones septentrionales . . . . .	26
Valor minero . . . . .	31
Cubicación . . . . .	33
Concesiones vigentes . . . . .	34
Recorrido a San Chils . . . . .	34
Dimensiones del criadero. . . . .	39
Bordes y prolongaciones . . . . .	40
Cuenca de Araya . . . . .	42
Cuenca de Fanzara . . . . .	45
Menas. Análisis . . . . .	47
Recorrido de Ribesalbes a Rubielos . . . . .	51
Edad de la cuenca . . . . .	55
Flora de Ribesalbes. . . . .	59
Familia de las coníferas . . . . .	63
Monocotiledóneas . . . . .	66
Dicotiledóneas . . . . .	67
Flora de Rubielos . . . . .	71
Fauna de Ribesalbes . . . . .	73
Bibliografía. . . . .	81
Nota sobre algunos insectos fósiles . . . . .	87
Orden dípteros . . . . .	91
Orden odonatos . . . . .	101
Notas relativas a su naturaleza y a su explotación industrial. . . . .	111
Generalidades. . . . .	113
Conclusiones . . . . .	115
Análisis . . . . .	120
Ensayos de esquistos . . . . .	131



## FE DE ERRATAS

Página 21, 1.<sup>a</sup> línea: Formaciones cuaternarias. *Debe ser apartado secundario no principal.*

Página 40: fototipia 17, *léase* 18. Cuenca de Rubielos de Mora.

## ESTUDIO DE RESTOS FÓSILES DE TORTUGA RECIENTEMENTE ENCONTRADOS EN CATALUÑA

---

Con ocasión de la explanación de la vía del ferrocarril eléctrico de Barcelona a Sabadell se ha descubierto en las inmediaciones del pueblo de Sant Quirce de Terrassa uno de los yacimientos de vertebrados más ricos y variados en formas de toda la región. Dichos materiales se encuentran dispersos entre aficionados y particulares, dándose la paradoja de que los Museos Municipales de Barcelona no posean ni un solo ejemplar. La amistad con algunos de los coleccionistas me ha permitido conocer dichos restos y alentado en su recolección.

Las periódicas investigaciones llevadas a cabo con mi amigo M. Guerin en el yacimiento de Sant Quirce nos ha proporcionado una rica colección de placas y huesos de quelonios además de numerosos restos de mamíferos que describimos en el último fascículo de *Arxius del Institut de Ciencies* de la antigua Mancomunidad de Cataluña (4); con estos materiales hemos encontrado también una gran cantidad de placas y vértebras pertenecientes, con toda

probabilidad, a una *Lacerta* u ofidio, que tenemos en estudio.

En la época miocénica, dice Gaudry (9), las tortugas terrestres parece llegaron a su mayor apogeo, no sólo por ser muy numerosas sino por presentar dimensiones considerables. En la Península son ya famosos los gigantes caparazones de tortugas encontrados en diversos lugares de ambas Castillas (10), como Palencia, Burgos, alrededores de Madrid, etc. que llegan a tener más de metro y medio de largo, cuyas proporciones no van en zaga a la *Testudo perpiniana* del Sud de Francia (6) que se tenía por una de las mayores entre las encontradas en Europa: el desarrollo extraordinario de estos reptiles hace creíble que el peto de los mismos llega a tener más de un decímetro de grueso. Las condiciones favorables y especiales de Europa durante los tiempos miocénicos facilitó la propagación y dispersión de estos reptiles.

En Cataluña los restos fósiles más antiguos de tortugas terrestres o palustres proceden del oligocénico aunque del eocénico marino se conozca un gran ejemplar de Girona, (8) y del miocénico marino tarraconense cita Font y Sagué algunos restos que atribuye a un quelonio gigantesco.

Del oligocénico de Tárrega (7) son los individuos descritos por Ch. Deperet y en el mismo yacimiento hemos recogido unos ejemplares completos, que están por estudiar y deben guardarse en el Museo Municipal de Barcelona.

El distinguido geólogo egarense D. Palet y Barba, con quien hemos realizado varias exploraciones por el Vallés, tiene recogidos interesantes restos de esta comarca y que ha puesto a nuestra disposición para su estudio. M. Guerin posee varios fragmentos óseos de tortuga encontrados en Piera.

Es pues bastante extensa la zona donde aparecen estos restos y seguramente lo será más cuando nuevas exploraciones confirmen la presencia de estos animales en el alto Vallés que hasta ahora es la parte más pobre en restos orgánicos de toda la formación.

El interés de los hallazgos que transcribimos radica en que son los primeros que se han efectuado de tortugas terrestres o palustres de Cataluña pertenecientes al miocénico medio continental: en las otras dos comarcas La Cerdaña y La Seo de Urgel, cuyos numerosos restos fósiles han sido repetidas veces estudiados, no se ha reconocido hasta ahora la presencia de reptiles de ningún género.

Al comenzar los últimos tiempos del período miocénico cerrado el estrecho que por el Vendrell comunicaba con el mar libre la región del Vallés-Penedés, se inició un régimen continental en todo el antiguo mar, transformado en lago, que fué reduciendo paulatinamente sus dimensiones, depositándose en el mismo los cantos aportados por las corrientes fluviales, arenas, lodos que hoy forman los potentes bancos arcillosos que tan gran desarrollo e importancia tienen en el Vallés por la variada fauna mamalógica que aprisionan (2, 3, 4).

Repetidas veces nos hemos ocupado del yacimiento de Sant Quirce y dado en trabajos anteriores un corte geológico: nuestro amigo J. Elias, de Tarrasa, que nos acompañó en una de nuestras exploraciones, dió con la minuciosidad que le caracteriza la sucesión estratigráfica de los terrenos.

Las formas malacológicas han sido determinadas por el Dr. Almera-Bofill y últimamente por el Sr. Royo quien ha reconocido en los materiales que le enviamos recientemente la presencia de *Ericia cf bisulcata* (Zieten), *Tes-tacella deshayesi* Michaud, *Helix (Cepaea) tortonensis* Al-



mera-Bofill, *Glandina aquensis* Matheron y en otros materiales que le fueron enviados después *Ericia Baudoni* Michaud, *Helix (Patula) olisipponensis* Roman, que manifiestan las grandes relaciones de dicha fauna con la del valle del Ródano, lo cual confirma más aun la fauna de vertebrados terrestres que hemos descrito.

El Sr. Royo cree también haber hallado en dichos depósitos drupas de *Celtis hyperionis* Unger, y semillas de *Euphorbia cf peplus* Linneo, de las que nos permitimos el dudar por los ejemplares que hemos podido examinar. Hemos visitado varias veces el yacimiento de Sant Miquel del Taudell juntamente con el Sr. Palet y Barba discutiendo sobre el terreno los pretendidos vegetales y en nuestro entender no son más que nódulos, formados posteriormente; la delgada capa que existe no es sino el producto de disgregación de un manto algo arenoso. Si los restos citados son verdaderamente vegetales y abundantes no comprendemos como no se haya recogido hasta ahora ni una sola hoja de planta alguna. Los yacimientos de Tarrasa se caracterizan finalmente por el malísimo estado de conservación de los restos que casi siempre van empastados en arenas muy finas, lo cual no excluye la hipótesis de que dichos nódulos puedan ser aglomerados de dichas arenas. Los mamíferos fósiles recogidos en la cuenca del Vallés pertenecientes al pontiense ascienden, según publicamos, a 27 formas y actualmente pasan de 30 las especies de vertebrados terrestres que llevamos encontrados.

De los ejemplares más completos de tortuga recogidos en el yacimiento de Sant Quirce hemos hecho un detenido estudio del que resulta, a nuestro entender, la presencia de una especie nueva, que describimos a continuación con el nombre de

### TESTUDO CATALAUNICA n. sp.

El ejemplar es pequeño, casi completo con espaldar y peto, de forma globosa algo alargada de 180 milímetros de diámetro longitudinal y 125 milímetros de diámetro transversal es decir 100/69, proporcionalmente más larga que las especies *Testudo lunellensis* de la caverna del Park Güell (Barcelona) y *Testudo pyrenaica* del Serrat den Vaquer (Perpignan); la altura o distancia del espaldar al peto en el ejemplar reconstruido es de 105 milímetros.

La convexidad en el sentido longitudinal del espaldar es disimétrica: anteriormente de perfil suave y posteriormente de caída muy fuerte y brusca; en sentido transversal la convexidad es regular y de pendientes casi verticales a los lados. El conjunto tiene un perfil general cilíndrico, es decir, no ensanchado por detrás como en la *Testudo graeca* y *Testudo mauritanica*. La presencia de la escama nucal, aunque rudimentaria, coloca esta forma en una posición media entre las formas actuales y los fósiles del tipo de la *T. pyrenaica*, acercándola a la *T. Graneri* Portis, del miocénico superior italiano.

#### Espaldar.

La parte derecha es casi completa, la izquierda y posterior es más incompleta teniendo parte de todas las piezas que por lo fragmentado que se recogió el ejemplar no ha sido posible la reconstrucción. Las placas del espaldar responden al tipo corriente del género *Testudo*: en la parte media existe una serie de 10 piezas impares quedando en la parte posterior un espacio donde podrían colocarse una o dos piezas suprapigeales; la primera pieza, placa o hueso neural es la de mayores dimensiones, de perímetro

casi pentagonal y más ancha que larga; los huesos neurales crecen proporcionalmente en anchura hasta más allá de la parte media del espaldar, notándose al mismo tiempo que los huesos de número impar son más estrechos y pequeños que los de número par, sin que esto sea tan manifiesto como en ciertas formas vivientes.

Los huesos costales son en número de 8, existiendo en nuestro ejemplar más o menos completos 7 por lado, faltando el último; se articulan con parte de dos o tres huesos neurales y a veces con uno solo, indiferentemente los huesos costales anchos que los estrechos, ya que se da cierta alternancia en los mismos, siendo unos más ensanchados y otros más estrechos en la parte interna a contar de la parte posterior, ya que en la anterior este carácter es poco manifiesto.

En la *Testudo pyrenaica* los huesos o placas óseas anchas se articulan en general con tres piezas neurales y las estrechas con una sola.

Las placas marginales destacan por su gran altura vertical; de las 22 piezas que acostumbra presentar el género *Testudo*, existen en nuestro ejemplar 17 y adquieren mayores dimensiones de detrás hacia delante.

El surco de separación de las placas quitinosas o córneas se ve perfectamente en nuestro ejemplar; la escama nuceal es rudimentaria y falta en el individuo de Perpignan. Las escamas vertebrales son casi siempre más largas que anchas; de las cinco escamas vertebrales cuatro son casi completas, restando muy incompleta la posterior; en la parte central de las mismas se observa la presencia de ornamentación consistente en pequeños y finos cordones radiales y en la parte perimetral de la placa algunos surcos más profundos, que nunca pasan de tres y están dispuestos paralelamente al perímetro.

La primera placa dérmica vertebral es de contorno sub-pentagonal, la segunda rectangular, notándose en los dos surcos transversales una flexión, muy marcada en el anterior y más suave en el posterior, poco manifiesta en el siguiente que forma parte de la tercera placa la cual es algo hexagonal; la cuarta sub-heptagonal.

Las placas costales en número de cuatro por lado en la parte más completa del ejemplar, presentan algunos surcos paralelos al de la placa en los huesos grandes o anchos y que continúan paralelos en el borde interno, más profundos en la parte próxima a los mismos; los huesos estrechos solo tienen esta ornamentación, así como las partes posteriores de las escamas grandes comprendidas entre el surco y la sutura.

#### **Peto.**

Es casi completo faltando solo un episternal; la parte anterior es truncada y apenas escotada en la región media sin muescas laterales en los epiplastrales.

El endoplastral tiene la forma de exágono alargado con el ángulo anterior y posterior casi iguales; los lados que limitan con los hioplastrales son más largos. Los huesos hioplastrales son los de mayores dimensiones del peto; los hipoplastrales son casi cuadrados y los xifiplastrales cuadrangulares, más anchos que largos, escotados en su parte posterior y algo arqueados exteriormente. Las placas gulares son dos, triangulares, penetrando el ángulo interno en la parte anterior del endoplastral; el surco que separa las dos gulares dentro del endoplastral es sinuoso presentando una marcada flexión; como que falta el epiplastral derecho no hay más que la gular correspondiente.

Las humerales están bien desarrolladas, llegando hasta el ángulo de la escotadura axilar; las abdominales pre-



sentan dimensiones extraordinarias; a partir de la escotadura de la parte media del peto se desarrollan marcados surcos paralelos a la misma en el endoplastral, humeral, pectoral, abdominal, femoral y anal quedando interrumpidos al nivel de la parte anterior del surco que limita las placas anal, femoral, abdominal y pectoral, para continuar paralelos al surco correspondiente, desvaneciéndose en la parte periférica, donde en cambio aparecen cuatro núcleos compuestos de finos cordones en disposición radiada, dos en la parte axilar entre la placa pectoral y la abdominal y otros dos en la parte inguinal entre la abdominal y femoral.

Las escamas anales son mucho más anchas que largas.

#### Dimensiones.

El ejemplar que describimos es de proporciones relativamente menores comparado con los individuos de Mont Leberon (Vaucluse), Perpignan, Mohave Desert, aunque hemos encontrado restos de individuos mayores.

Longitud del espaldar en línea recta	180 milímetros
» del peto en la línea media	155 »
» del peto hasta la punta saliente de los xifiplastrales	162 »
» del puente óseo que une el espaldar al peto	80 »

#### Espaldar.

	LONGITUD EN LA PARTE MEDIA	ANCHURA
Placa nual . . . .	35 milímetros	46 milímetros
1. <sup>er</sup> hueso neural . .	22 »	16 »
2. <sup>o</sup> » » . .	21 »	19 »
3. <sup>er</sup> » » . .	22 »	18 »
4. <sup>o</sup> » » . .	20 »	23 »
5. <sup>o</sup> » » . .	21 »	21 »
6. <sup>o</sup> » » . .	17 »	25 »
7. <sup>o</sup> » » . .	14 »	20 »
8. <sup>o</sup> » » . .	16 »	19 »

	LONGITUD MÁXIMA	ANCHURA EN LA PARTE MEDIA
1. <sup>er</sup> hueso costal . .	59 milímetros	31 milímetros
2. <sup>o</sup> » » . .	63 »	23 »
3. <sup>er</sup> » » . .	75 »	14 »
4. <sup>o</sup> » » . .	73 »	25 »
5. <sup>o</sup> » » . .	71 »	14 »
6. <sup>o</sup> » » . .	61 »	25 »
7. <sup>o</sup> » » . .	Incompleto »	12 »

	LONGITUD EN LA LÍNEA MEDIA	ANCHURA MÁXIMA
1. <sup>a</sup> placa vertebral . .	40 milímetros	46 milímetros
2. <sup>a</sup> » » . .	44 »	38 »
3. <sup>a</sup> » » . .	42 »	48 »
4. <sup>a</sup> » » . .	46 »	44 »

	LONGITUD	ANCHURA EN LA PARTE MEDIA
1. <sup>a</sup> placa costal . . .	52 milímetros	46 milímetros
2. <sup>a</sup> » » . . .	56 »	41 »
3. <sup>a</sup> » » . . .	64 »	40 »
4. <sup>a</sup> » » . . .	42 »	Incompleta

**Peto.**

Hueso endoplastral	{Diámetro longitudinal. . . . .	29 mm.
	{Diámetro transversal máximo	22 »
Longitud del hioplastral en la línea media	. . . . .	33 »
» hipoplastral	» » . . . . .	51 »
» xifiplastral	» » . . . . .	28 »
Longitud de la placa anal en la línea media	. . . . .	13 »
» » femoral	» » . . . . .	18 »
» » abdominal	» » . . . . .	60 »
» » pectoral	» » . . . . .	11 »
» » humeral hasta el endoplas-	tral. . . . .	5 »
» » gular en la línea media	. . . . .	18 »

**RELACIONES Y DIFERENCIAS**

Pocas son las descripciones y figuraciones que existen de especies del género *Testudo* pertenecientes al miocénico; de las que hemos podido examinar damos las siguientes anotaciones:

La *Testudo* pequeña de Mont Leberon (Vaucluse) descrita por Gaudry (9), perteneciente al miocénico superior, piso pontiense, capas de *Hipparion gracile* Kaup, es algo mayor que el individuo que describimos; la forma de los huesos epiplastrales es arqueada y en cambio en la del Vallés es angulosa; el hueso endoplastral es casi un exágono regular en el tipo francés y en el nuestro un exágono alargado.

La *Testudo amberiancensis* de Ambérieu, La Bresse (Francia), descrita por Deperet (5) y que pertenece al miocénico superior, nivel de Pikermi con *Hipparion gracile* y *Dinotherium giganteum* también es algo mayor que el ejemplar catalán, no presenta placa nugal que en éste es

rudimentaria; el hueso nugal es más ancho que largo y está escotado en la parte media, caracteres opuestos al de la *T. catalaunica*. La primera placa vertebral, que en nuestro ejemplar es alargada, con un pequeño ángulo romo en la parte media del lado anterior, en la *T. amberiacensis* es más ancha, terminando por delante con un ángulo obtuso. La forma del hueso endoplastral es en la especie de Ambérieu pentagonal con el borde posterior casi transversal; la punta anterior bastanté aguda, siendo en el nuestro exagonal con los ángulos y lados anteriores y posteriores casi iguales.

La *Testudo mohavense* del miocénico superior de Mohave Desert en los Estados Unidos, descrita por Merriam (13), tiene dimensiones próximas a las del ejemplar catalán; el endoplastral es de forma diferente aunque exagonal; los gulares son escotados y la placa nugal muy grande; pertenece al mismo nivel pues el autor cree su yacimiento sincrónico del de Grive-St. Alban en Francia.

Las especies de la molasa suiza descritas por Pictet así como las formas de Pikermi en Grecia difieren bastante de los ejemplares catalanes.

Dos formas muy semejantes a la tortuga de Sant Quirce se han recogido en regiones próximas como la *Testudo lunellensis* del Park Güell y la *Testudo pyrenaica* de Perpignan. Ambas corresponden a niveles más superiores, la primera al cuaternario de aquí y francés, la segunda es pliocénica.

La *Testudo pyrenaica* del Serrat den Vaquer de Perpignan, descrita por Deperet (6), tiene de común con la *Testudo catalaunica* la forma globosa y ancha, perfil agudo del perímetro del espaldar, la alternancia poco manifiesta de los huesos neurales, grande altura de las piezas marginales, desarrollo perfecto del peto y reducida dimen-



sión antero-posterior de las placas humeral y anal, difiere la *T. pyrenaica* en no presentar indicios de la placa nugal, por la forma más ancha que larga de las placas vertebrales y por el hueso endoplastral que es casi un exágono regular.

La *Testudo lunellensis* descrita por Almera y Bofill sobre la *T. pyrenaica* (1), conviene en los caracteres de la anterior pero difiere de la nuestra y de la francesa en el surco húmero-pectoral que se confunde con la línea de sutura ósea posterior del hueso endoplastral; este hueso está truncado anteriormente y acaba en la parte posterior en ángulo agudo; finalmente la placa nugal es más larga que ancha y termina en punta en la parte posterior siendo su forma rectangular.

En el mismo yacimiento y próximo al ejemplar descrito hemos encontrado otro individuo bastante incompleto pero que indudablemente pertenece a la misma especie.

Con el material recogido ha sido posible la reconstrucción de una cuarta parte del volumen del individuo y consta de los siguientes elementos:

#### **Espaldar.**

Primer, segundo, tercer hueso neural, el cuarto incompleto.

Primer, segundo, tercer y cuarto hueso costal, todos casi completos.

Primer, segundo, tercer, cuarto, quinto, sexto y séptimo hueso marginal.

#### **Peto.**

Hioplastral, Hipoplastral completos.

El primer hueso neural tiene 33 milímetros de longitud

por 21 mm. de ancho máximo; la forma es idéntica al de la especie anteriormente descrita.

El segundo hueso neural tiene 30 mm. de longitud por 35 mm. de ancho máximo; presenta forma de escudo heráldico. El tercer hueso neural 31 mm. de largo por 28 milímetros de ancho en la línea del surco que separa la primera de la segunda pieza vertebral. El cuarto hueso neural es incompleto, existiendo sólo la parte anterior que tiene 32 mm. de anchura máxima.

Los huesos costales están mejor representados. El primero, que presenta muy marcados los relieves tiene 76 milímetros de largo en la línea de sutura con el segundo costal por 40 mm. de ancho en la parte media. El segundo costal, 79 mm. en la línea del surco que separa la primera de la segunda placa costal y 32 mm. de ancho en la parte media de la pieza. El tercer costal tiene 88 mm. de largo según la línea de sutura posterior por 17 mm. de ancho. El cuarto costal es incompleto con 85 mm. de largo por 30 de ancho.

Las piezas marginales tienen las primeras una altura de 33 mm. y ancho de 23 mm. Las marginales que unen el espaldar al peto pasan de 50 mm. de longitud por un ancho de 25 mm. es decir doble largas que anchas.

La longitud de la primera escama vertebral es de 60 mm. con una anchura sensiblemente igual; la primera escama costal tiene 70 × 70 mm. la segunda 75 × 48.

En el peto la anchura del hueso endoplastral puede valorarse en 38 mm. El hueso hioplastral en la línea media tiene 43 mm. de largo con un ancho de 70 mm.; el hipoplastral 57 mm. de largo.

La escama humeral en la parte media 6 mm. de largo y en la parte externa libre hasta la sutura con el epiplas-

tral 13 mm.; la pectoral 15 mm. de longitud en la línea media. La escama abdominal unos 73 mm. en el mismo sentido, siendo de notar que el surco que separa la escama abdominal de la femoral presenta un ángulo muy pronunciado dirigido hacia la parte anterior: en esta parte del peto las piezas llegan a tener hasta un centímetro de espesor.

Pertenecientes a diversos individuos hemos recogido más de 500 fragmentos de tortugas que en general son formas de dimensiones medias; algunas piezas son completas como un primer hueso neural que tiene  $22 \times 12$  milímetros perteneciente a un individuo pequeño; un epiplastral completo que exteriormente desde la sutura gular a la humeral tiene 36 milímetros, arqueado con un espesor en la sutura gular de 16 milímetros.

Un endoplastral de contorno pentagonal por la continuidad transversal de los lados posteriores: el ángulo anterior es bastante agudo, casi truncado como en el ejemplar de Gracia. Tenemos 5 endoplastrales más, lo cual indica la presencia de otros tantos individuos, es decir, que por ahora en este yacimiento se han recogido parte por lo menos de 8 individuos, prueba indudable de su abundancia. Una séptima placa o hueso neural pequeño de  $12 \times 13$  milímetros un primer hueso neural con el surco muy pronunciado y dispuesto muy anteriormente, etc.....

Los restos de huesos propiamente dichos son bastante escasos, cuando menos los completos, con todo hemos recogido un omóplato con su rama superior, proporcionalmente muy larga, lo cual está en relación con el gran abombamiento del espaldar como acontece también con la *T. pyrenaica*; está fragmentado en las dos puntas por lo que es imposible dar sus dimensiones totales. La longitud de la rama superior es 17 mm.; la otra 36 milímetros.

En los yacimientos de Tarrasa no son tan abundantes los restos encontrados, pero, en cambio, las piezas que poseemos son de mayores dimensiones, correspondientes, pues, a individuos más grandes, lo cual pugna con las apreciaciones sobre ciertos huevos fósiles recogidos en esta localidad (15) y atribuidos a quelonio.

El Sr. Palet y Barba, tan entusiasta de la geología comarcal, tiene recogidos algunos restos de un pequeño emídido que creemos también especie nueva y denominamos *Emys egarensis* del que poseemos la parte anterior del peto y algunos huesos marginales: en espera de nuevos hallazgos demoramos su descripción.

La fauna de vertebrados terrestres y moluscos es la siguiente:

#### Moluscos.

*Ericia baudoni* Michaud.

*Testacella deshayesi* Michaud.

*Helix (Cepaea) tortonensis* Almera-Bofill.

#### Reptiles.

*Lacerta* sp.

*Testudo catalaunica* Bataller.

#### Ungulados.

*Rhinoceros simorreus*

*Listriodon splendens* raza *major*.

*Hyotheerium grivense*.

*Sus palaeocherus*.

*Sus major*.

*Mastodon angustidens*.

*Micromeryx Flourensianus*.

*Dicrocerus*.

*Palaeomeryx*.

#### Roedores.

*Cricetodon medium*.



*Cricetodon rodhanicum.*

*Prolagus Meyeri.*

*Steneofiber savisaniensis.*

EDAD. Por la fauna anteriormente citada es indudable que el yacimiento de Sant Quirce de Tarrasa pertenece al vindoboniense superior (sarmatiense) como probamos en una comunicación sobre los mamíferos terciarios de Cataluña en el XIV Congreso Internacional de Geología.

#### OBRAS CONSULTADAS

1. ALMERA-BOFILL.—Consideraciones sobre los restos fósiles cuaternarios de la caverna de Gracia (Barcelona) «Mem. R. Acad. Ciencias y Artes de Barcelona» 3ª época. Vol. IV n° 33 Barcelona, 1903.

2. BATALLER J. R.—Mamífers fòssils de Catalunya «Treballs de l'Institució Catalana d'Historia Natural». Vol. IV Barcelona, 1918.

3. BATALLER J. R.—Mamífers fòssils de Catalunya. Nota paleontològica «Butll. Inst. Cat. Hist. Natur.» T. XXI Barcelona, 1921.

4. BATALLER J. R.—Contribució a l'estudi de nous mamífers fòssils de Catalunya «Arxius de l'Institut de Ciències.» Any. XII n° 1 Barcelona, 1924.

5. DEPERET CH.—Note paléontologique complémentaire sur les terrains tertiaires de la Bresse. «Bull. Soc. Géol. France». 3ª serie, tom. 22 París, 1894.

6. DEPERET CH.—Les animaux pliocènes du Roussillon, «Mémoires de la Soc. Géol. France, Paléontologie» n° 3 París, 1895.

7. DEPERET CH.—Los vertebrados del oligoceno inferior de Tárrega (prov. de Lérida). «Mem. de la R. Acad. de Ciencias y Artes de Barcelona» 3ª época, Vol. V, n° 21, Barcelona, 1906.

8. FAURA Y SANS M.—Una tortuga fósil en el eocénico de Gerona. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.» T. XV, página 291-295, lám. XII, Madrid, 1915.

9. GAUDRY A.—Animaux fossiles du Mont Leberon (Vaucluse). París, 1873.

10. HERNÁNDEZ PACHECO E.—Los vertebrados terrestres del mioceno de la Península Ibérica. «Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat.» T. 9 n.º 4. Madrid, 1914.

11. LYDEKKER R.—Catalogue of the fossil Reptilia and Amphibia in the British Museum (Natural History) Part III London, 1889.

12. MALUQUER J.—Les Tortugues de Catalunya. Barcelona, 1919.

13. MERRIAN JOHN C.—Tertiary Mammalian faunas of the Mohave Desert. «University of California Publications. Bulletin of the department of Geology» Vol. II n.º 5 pág. 456 Berkeley, 1919.

14. ROYO GÓMEZ J.—Nuevos moluscos del Pontiense del Vallés-Panadés (Barcelona) «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.» tom. XXIII, p. 277-283, lám. V. Madrid, 1923.

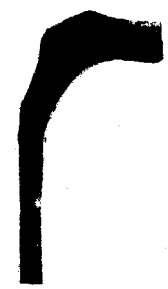
15. ROYO GÓMEZ J.—Nuevos fósiles del Vallés-Panadés (Barcelona) «Boletín R. Soc. Esp. Hist. Nat.» tomo 24. Madrid, 1924.

16. ZITTEL CH.—Traité de paléontologie, Paléozoologie III. Paris, 1893.

17. ZITTEL K.—Grundzüge der paläontologie II Vertebrata Münche 1923. 18 Guide to the gallery of Reptilia and Amphibia in the Department of Zoology of the British Museum Natural History. London, 1913.

Barcelona, abril 1925.

J. R. BATALLER.





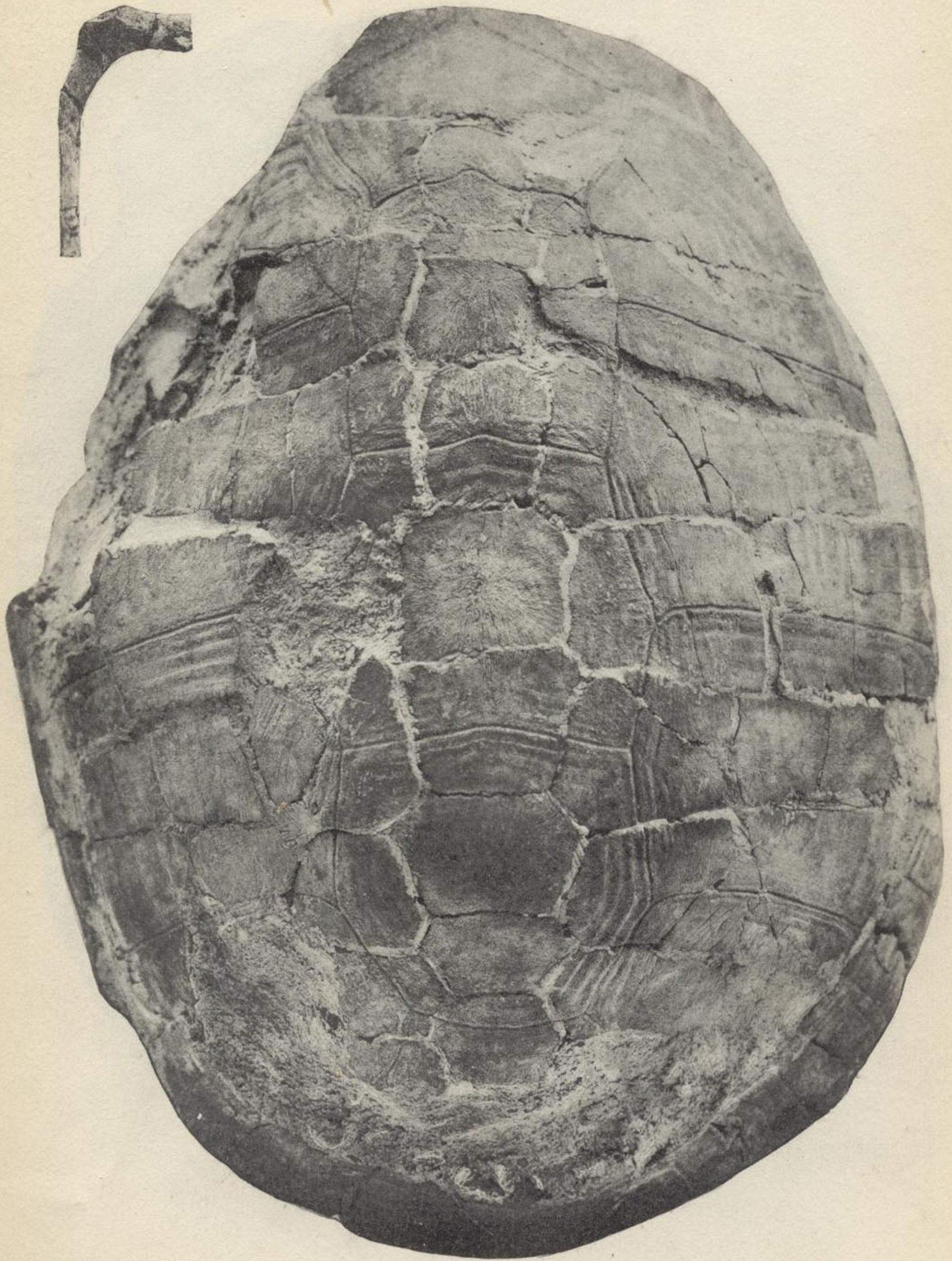


LÁMINA I.  
*Testudo catalaunica n. sp.*  
Espaldar. Omoplato. *Tamaño natural*



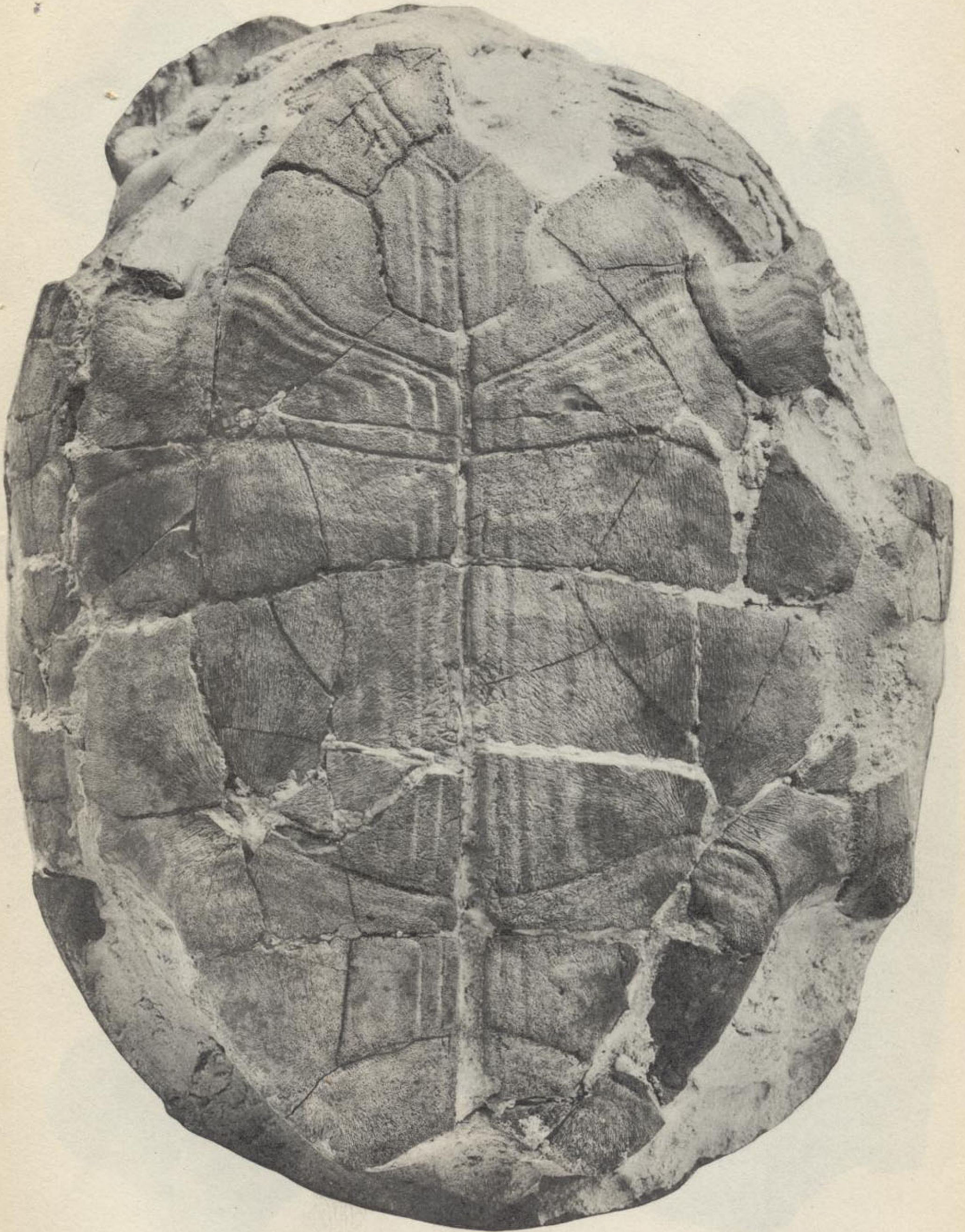


LÁMINA II.  
*Testudo catalaunica n. sp.*  
Peto. *Tamaño natural*



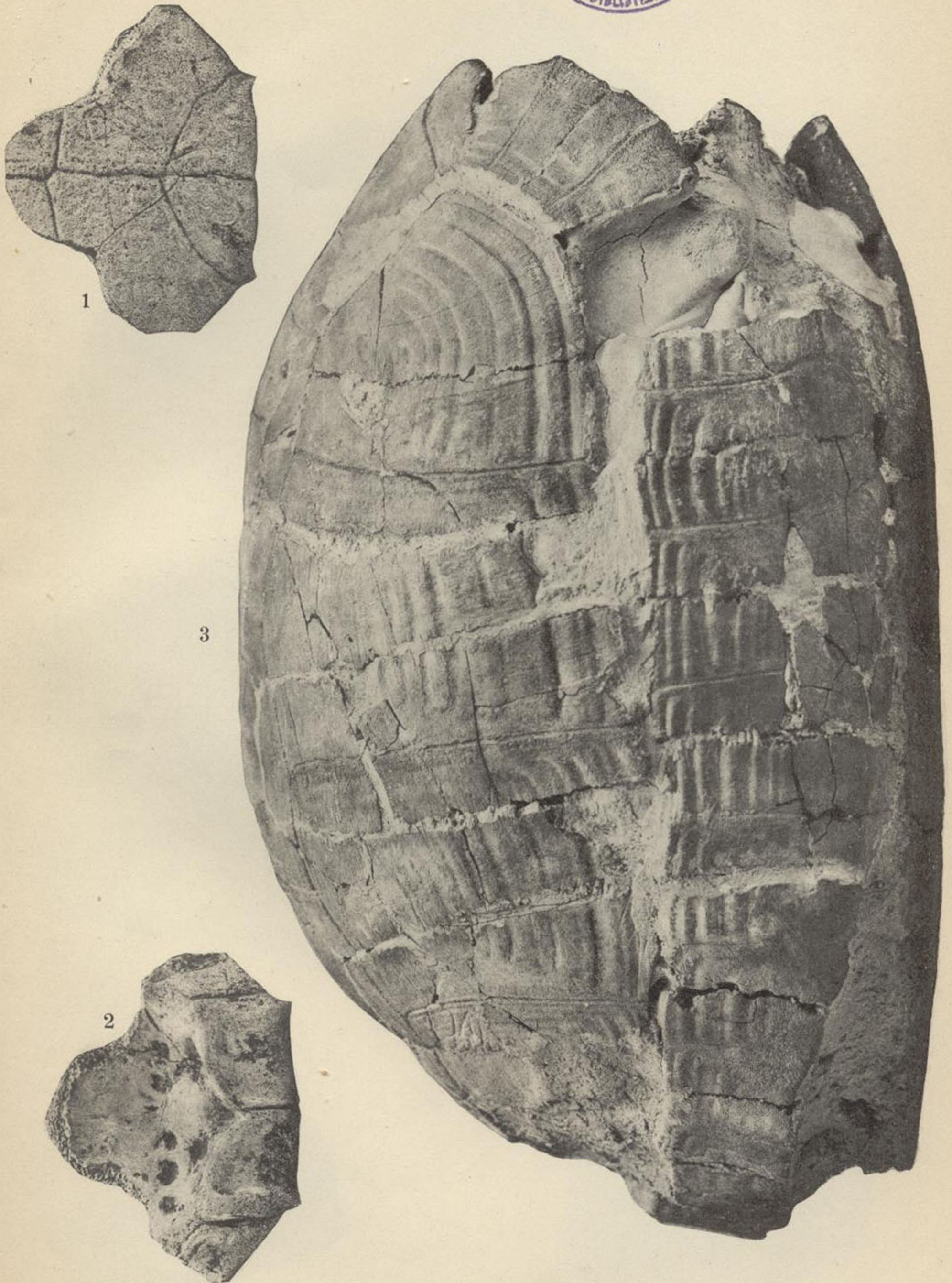


LÁMINA III.

1. 2.—*Testudo* sp. Parte anterior del peto.

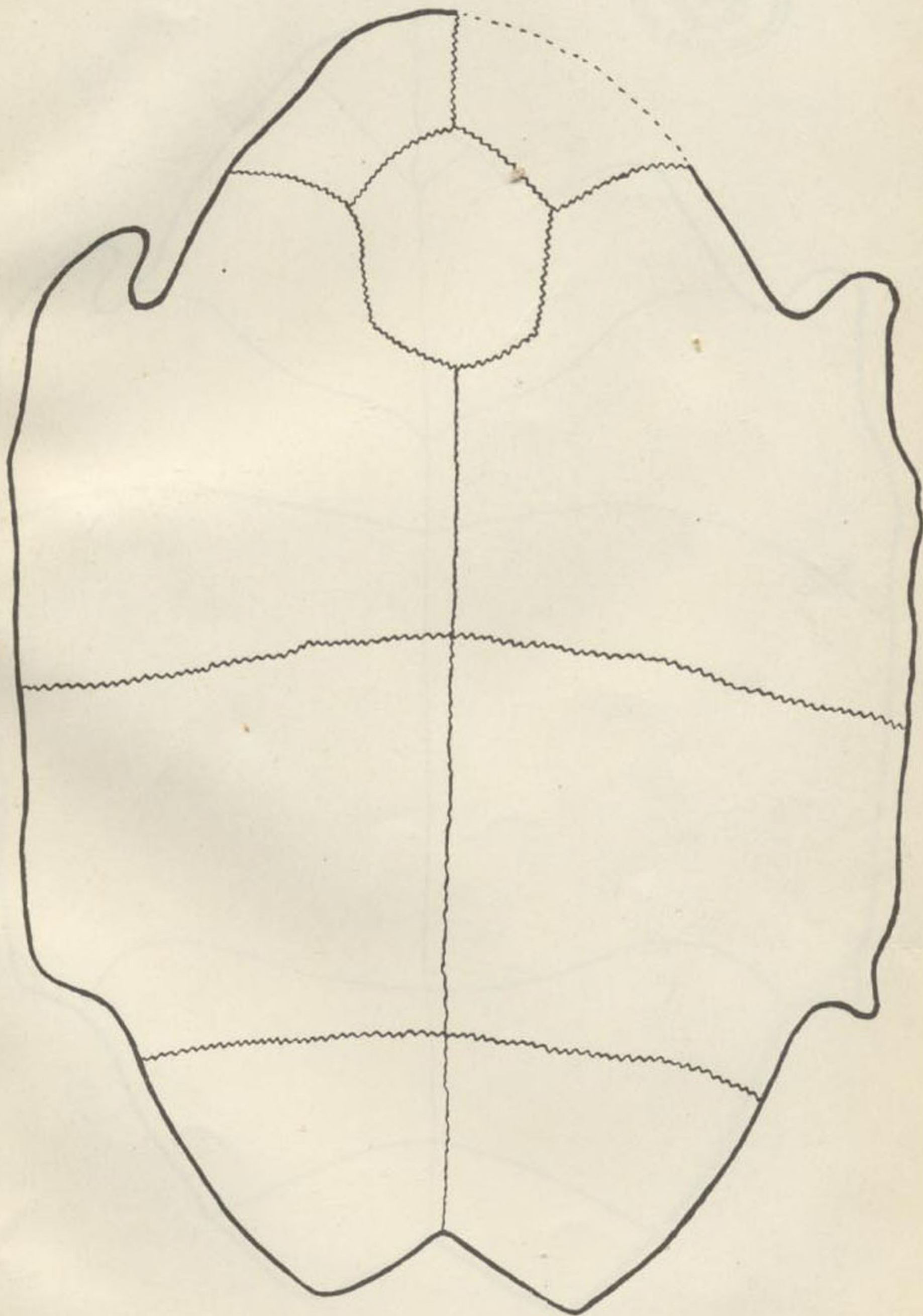
3.—*Testudo catalaunica* n. sp. Vista de lado. Tamaño natural.





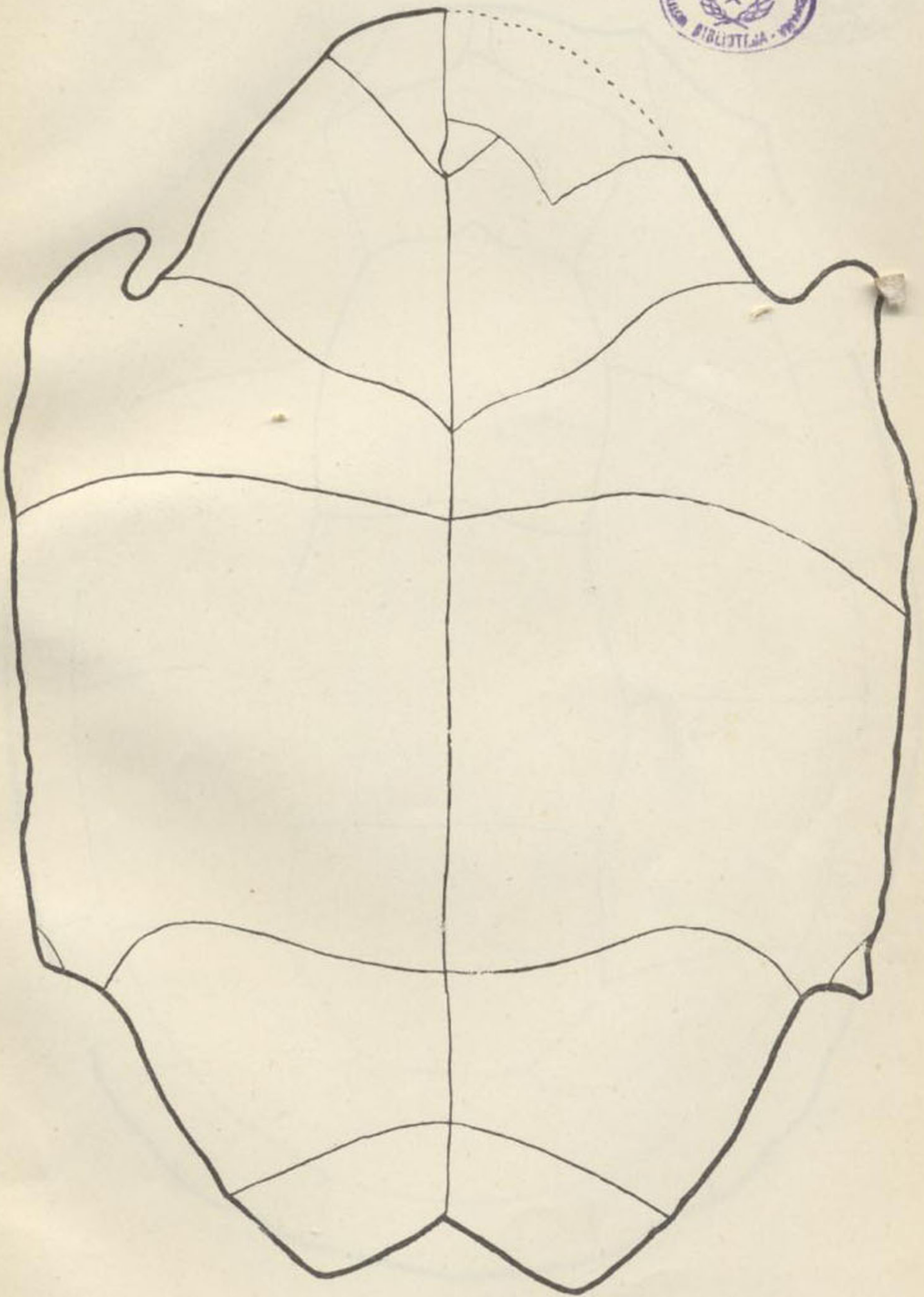
LÁMINA IV.  
1. 2.—*Testudo* sp. *Pieza marginal*.  
3.—*Testudo catalaunica* n. sp. *Tamaño natural*.





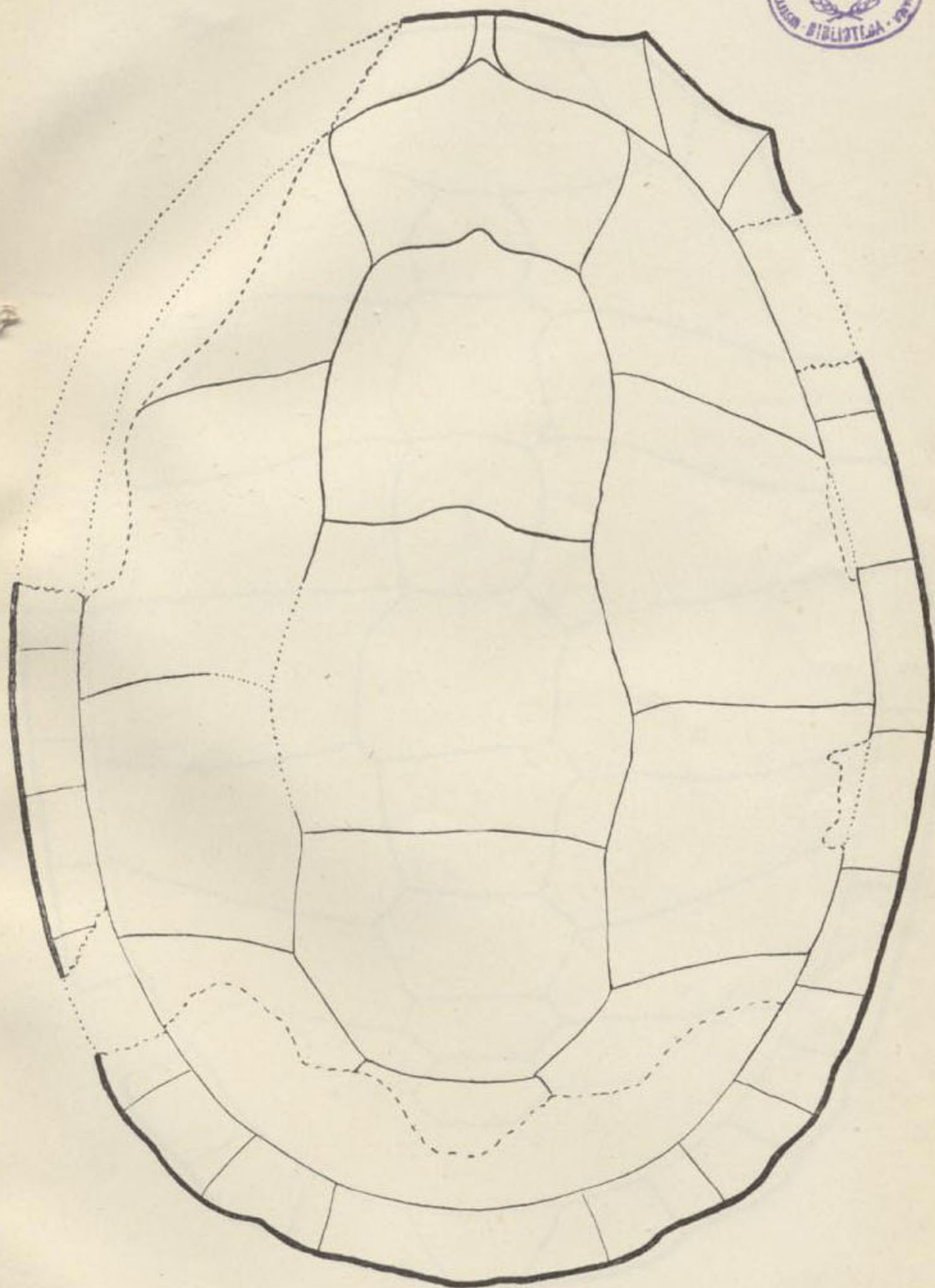
TESTUDO CATALAUNICA *n. sp.*  
Peto: placas óseas. *Tamaño natural.*





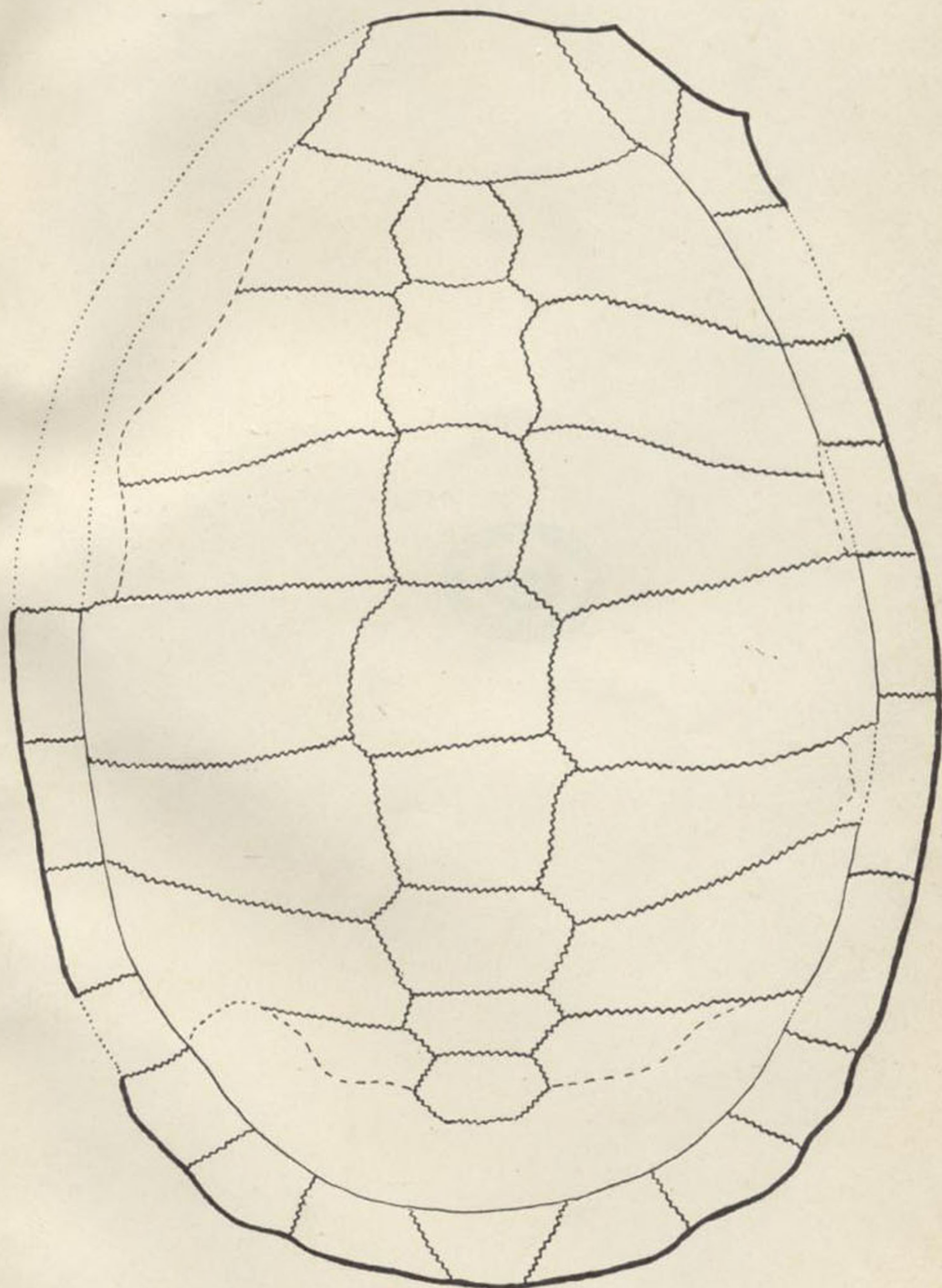
TESTUDO CATALAUNICA *n. sp.*  
Peto: escamas. *Tamaño natural.*





TESTUDO CATALAUNICA *n. sp.*  
Espaldar: escamas. *Tamaño algo reducido.*



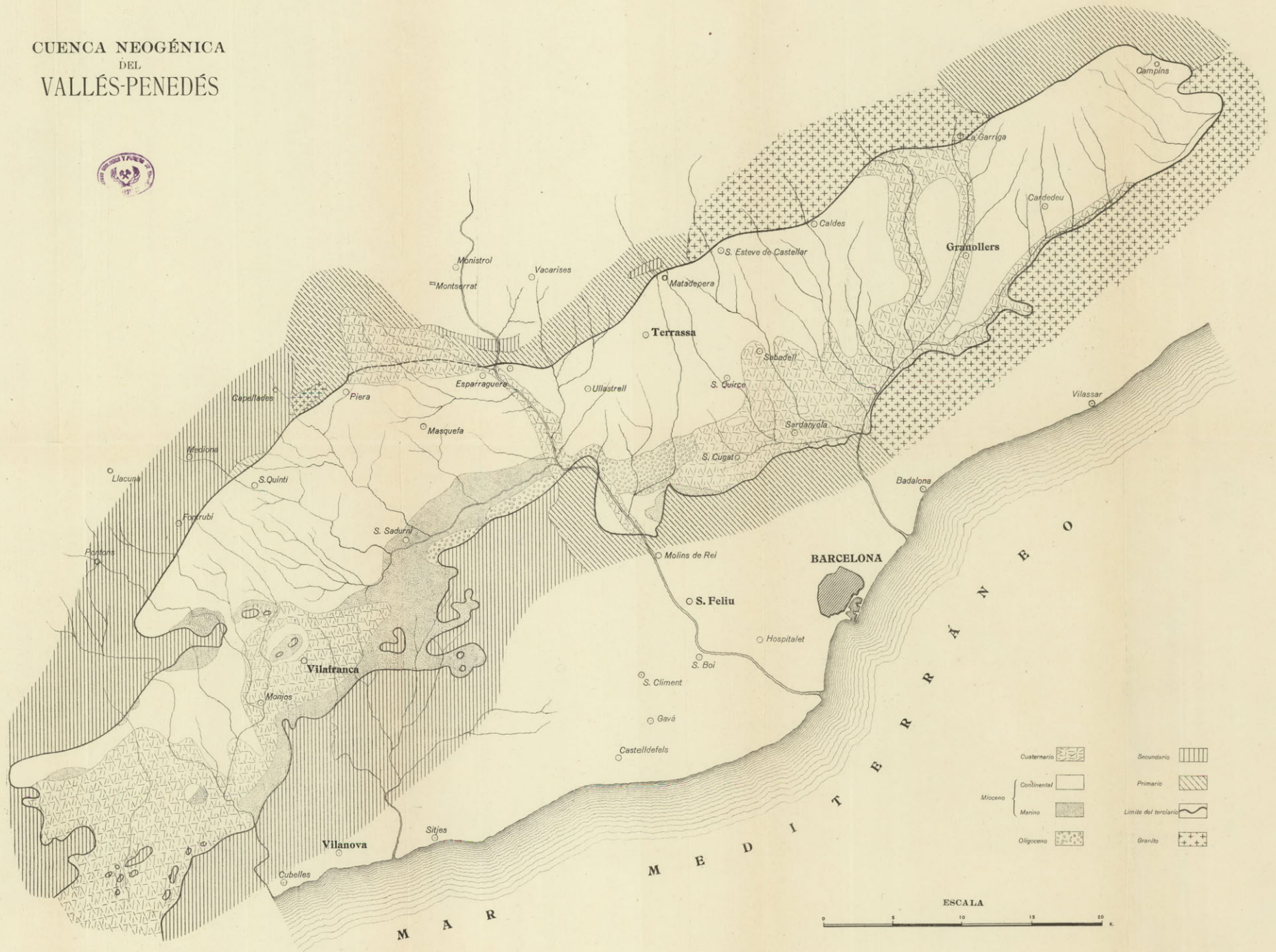


TESTUDO CATALAUNICA *n. sp.*  
Espaldar: placas óseas. *Tamaño algo reducido.*





# CUENCA NEOGÉNICA DEL VALLÉS-PENEDÉS



BREVE RESEÑA GEOLÓGICA  
DE LOS  
**YACIMIENTOS MANGANESÍFEROS**  
DE LA PROVINCIA DE  
**HUELVA**



BREVE RESEÑA GEOLÓGICA  
DE LOS  
**YACIMIENTOS MANGANESÍFEROS**  
DE LA PROVINCIA DE  
**HUELVA**

Geológicamente la provincia de Huelva está afectada, en su mayor parte, por pliegues hercinianos. En la faja meridional, correspondiente al litoral, dominan los sedimentos diluviales. La región del Condado de Niebla está constituida por sedimentos pliocenos limitados, en la zona marginal Norte, por algunas y reducidas manchas de mioceno. Agrícolamente considerados estos manchones terciarios, suministran los mejores terrenos de cultivo, y los viñedos y olivares de esta región son clásicos y de exuberante producción. En cambio en estas zonas no hay manifestación alguna en orden a yacimientos minerales. El resto de la provincia está sometido, como anteriormente decíamos, a los pliegues hercinianos y los sedimentos correspondientes a los terrenos estrato-cristalinos, siluriano y carbonífero inferior (facies del Culm) están atravesados por rocas eruptivas de muy diversa naturaleza, pero, en la región minera, donde yacen las grandes masas de piritas y carbonatos de manganeso, dominan las diabasas y porfiritas diabásicas.

El eje de la Sierra es estrato-cristalino y corre por los términos de Zufre, Aracena, Fuenteheridos, Jabugo, Cortegana, Aroche y Rosal de la Frontera, cuyo término confina ya con Portugal. Al Sur de la faja estrato-cristalina se extiende una gran faja siluriana recubierta por sedimentos carboníferos en gran parte de su superficie. Las manifestaciones metalíferas, clásicas en el mundo, se dan indistintamente en el siluriano y en el carbonífero inferior. La faja estrato-cristalina no tiene manifestaciones metalíferas de importancia. Por último, en la parte Norte de la provincia, lindando con la de Badajoz, asoma una faja de sedimentos cambrianos, los cuales no afloran al Sur del eje de la Sierra. En esta faja, y en la siluriana que le es próxima por el Sur, hay manifestaciones metalíferas de carácter filoniano entre las cuales son dominantes las menas de cobre. Pero todo ello no tiene una importancia metalogénica que se pueda comparar, ni remotamente a la de la zona minera propiamente dicha, enclavada, como ya hemos manifestado, en los terrenos siluriano y carbonífero inferior.

No hay sino mirar un plano geológico de esta zona central de la provincia para ver que las manifestaciones eruptivas, que son bastante numerosas, se alinean de NO. a SE., es decir, que siguen la misma dirección dominante de los pliegues sedimentarios hereinianos. Ello hace pensar en un substratum hipogénico que al impulso de los esfuerzos orogénicos se ha amoldado perfectamente, acoplándose a los pliegues anticlinales y sinclinales en forma de intrusión que pudiéramos llamar natural, es decir, sin romper, o rompiendo rara vez, los estratos en sentido normal a los mismos. Este substratum debe dominar, en toda la zona donde aflora, en una extensión de 200 kilómetros de longitud entrando a formar parte de la mismas

zonas de Sevilla y Portugal de la misma constitución mineralo-geológica, y 40 a 50 kilómetros de anchura.

Es para nosotros evidente que el mismo fenómeno metalogénico ha dado origen a las grandes masas de sulfuros y a las muy notables también de carbonatos y silicatos de manganeso. Las primeras son siempre de contacto entre la intrusión hipogénica y el terreno sedimentario donde la intrusión se acopla. Estimamos que las grandes energías fumerolianas de la intrusión en los tiempos que siguieron a su establecimiento, produjeron un enorme precipitado pneumatolítico de sulfuros en forma un tanto violenta. Las masas son completamente macizas sin gangas y sin huellas hidrotermales si se exceptúan las porciones periféricas donde son visibles algunas, pero escasas, manifestaciones de cuarzo y barita. Las mayores masas no corresponden con los mayores macizos hipogénicos; al contrario, yacen al lado de muy reducidos macizos, pero topográficamente son los puntos más elevados y representan algo así como digitaciones elevadas, que habiendo producido un fuerte tiro de chimenea han llamado hacia sí un enorme volumen de fumerolas.

Al decrecer la actividad y temperatura en el tiempo, con relación al macizo eruptivo, y en el espacio, con relación a las grietas mineralizadas, los hidrocarburos, compuestos primitivos que no pueden dejar de acompañar a todas las manifestaciones eruptivas e intrusivas entran en combustión y todas las especies que no se hayan precipitado al estado de sulfuro pasan a bicarbonatos solubles precipitándose más arriba, cuando se desprenda anhídrido carbónico en exceso. Sin duda por esta circunstancia todas las formaciones metalogénicas de importancia terminan en hierros manganesíferos y si en algún distrito minero no se observan estas formaciones es, porque siendo las últimas



en tiempo y espacio son las primeras en ser atacadas por los fenómenos de denudación. En Huelva hay manifestaciones de hierros manganesíferos pero abundan más los manganesos propiamente dichos y es, que la enorme producción sulfurada ha debido agotar en esta forma las reservas de hierro dejando el manganeso, que no es geológicamente sulfurable, para la fase carbonatada. En esta zona minera de Huelva no hay calizas a las cuales atribuyen muchos geólogos un papel preponderante en los fenómenos de carbonatación. No queda otro recurso que el de admitir una mineralización primitiva para estos carbonatos y los fenómenos, a juicio nuestro, deben desarrollarse del modo dicho.

Como estos fenómenos que acabamos de reseñar afectan un carácter general, cualquiera que sea la región donde se produzcan, pueden suministrar valiosas indicaciones en orden a inducciones metalogénicas, y así, la abundancia de hierros, manganesos o hierros manganesíferos, producidos siempre en esta última fase de carbonatación y transformados en óxidos por epigénesis, son un signo fehaciente de la existencia de sulfuros en profundidad.

Después de estas ligeras indicaciones teóricas vamos a decir algo acerca del objeto principal que nos guía, o sea, acerca de las manifestaciones manganesíferas de la provincia.

Los yacimientos de manganeso en Huelva son numerosísimos; pudiéramos señalar alrededor de un centenar, pero esta minería, por muy diversas circunstancias, no ha alcanzado el grado de desarrollo que sería de desear. Las grandes masas de piritas, por el cobre contenido, llamaron la atención de las gentes en épocas remotas en que la pirita de hierro no tenía valor alguno. Sin contar las explotaciones de épocas fenicia y romana, en los tiempos

modernos la explotación de las grandes masas se llevó a cabo por empresas con grandes capitales.

Los manganesos han sido, y son objeto en la actualidad de explotaciones muy limitadas debidas a la iniciativa particular. Estas explotaciones comenzaron por el aprovechamiento de los peróxidos de la zona superficial en épocas en que las aplicaciones del manganeso estaban reducidas a las industrias del cloro y vidriería. Posteriormente, al entrar el manganeso en aplicaciones siderúrgicas y alcanzar la importancia que actualmente tiene, las explotaciones se han limitado, agotados ya los peróxidos, a las zonas superiores de carbonatos generalmente silíceos, diríamos mejor, siempre silíceos; y esta circunstancia, unida a la anteriormente dicha, ha hecho difícil la competencia entre estas menas y las procedentes del Cáucaso y la India.

Ahora bien; todos estos trabajos, debidos como decimos a iniciativas puramente personales, interrumpidos unas veces y reanudados en épocas favorables, han puesto de manifiesto varias cosas.

La primera y principal es que las masas, así pueden llamarse, tienen más importancia de lo que en un principio se creyó. Las potencias, hasta ahora reconocidas, en las pocas minas donde los trabajos han profundizado algo, llegan a 40 y a 50 metros en profundidades que no han pasado sino rara vez de 60 a 70 metros. Se está viendo también que los minerales se van dulcificando algo, en lo que se refiere a la sílice, a medida que se va profundizando, de tal suerte, que aquellos carbonatos de superficie con 35 de Mn y 15 a 20 % de  $\text{SiO}_2$  pasan en profundidad a menas del 40 al 45 de Mn con 10 a 12 % de  $\text{SiO}_2$ .

Si a esto se agrega que estos minerales no contienen fósforo, cualidad de que no están exentas las menas de

terrenos secundarios y terciarios, y que puede hacer de los mismos productos insustituibles para ciertas aplicaciones, se comprenderá cuan digna de atención y estudio profundo es esta importante rama de la minería de Huelva.

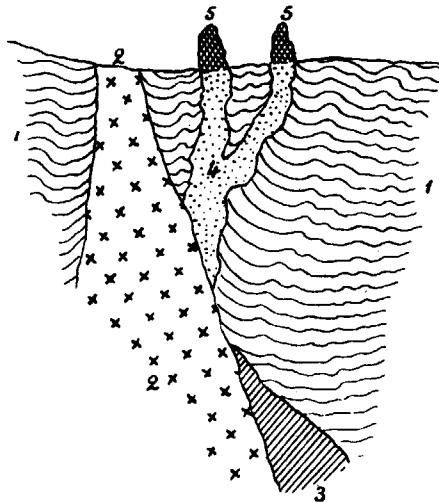


Fig. 1.—1, Pizarras silurianas o del carbonífero inferior (Culm);—2, Diabasa o porfirita diabásica;—3, Supuesto yacimiento de sulfuros;—4, Yacimiento de carbonatos y silicatos de manganeso;—5, Jaspes manganésíferos de los afloramientos.

La disposición geológica en que se presentan estos yacimientos es aproximadamente la representada en la figura 1ª. La orientación general de estos criaderos es la de O. 25° a 30° N. a E. 25° a 30° S. Las minas de sulfuros corresponden a nivel metalogénico inferior, de modo que en la región Norte, donde afloran los yacimientos de piritas, no hay minas de manganeso. Sin embargo en los hastiales de estas masas de pirita el tinte de las pizarras pre-

senta huellas fehacientes de haber existido yacimientos de manganeso a más alto nivel. En la zona central hay criaderos de pirita próximos a aflorar. La gran mina de La Zarza y El Perrunal están próximas a aflorar y en la superficie presentan todavía, perfectamente alineados, grandes bloques de jaspes manganésíferos. La mina de piritas La Torerera fué descubierta trabajando un yacimiento de manganeso en vías de terminar, por denudación, su vida geológica. Es pues posible y aun probable, que por debajo de las formaciones manganésíferas de la zona media y meridional se encuentren en profundidad masas de piritas.

Por esa razón en el corte transversal de la fig. 1ª para dar una idea de la formación metalogénica, hemos figurado en profundidad el yacimiento de sulfuros. Como las menas de manganeso están muy cargadas de sílice y silicatos y ello se acentúa en las regiones próximas a la superficie, los afloramientos están constituidos por enormes bloques de jaspes en los cuales empezaron las primitivas explotaciones de peróxidos.

Hay yacimientos de manganeso que en profundidad conservan un contacto con el macizo eruptivo próximo, mas por regla general se separan en una, dos o más ramas aflorando completamente entre pizarras, y ello prueba, contrariamente a lo que ocurre en minas de piritas, que el proceso de formación fué francamente hidrotermal y la mayor movilidad del vehículo fué causa de que las disoluciones tomaran los caminos más fáciles y expeditos para llegar a la superficie.

La producción global de manganesos durante el año 1924 fué de 34.000 toneladas, cifra bien modesta si se tiene en cuenta la gran importancia geológica de los yacimientos.

Durante el año actual, en vista de que las circunstan-



cias han mejorado notablemente, podrán producirse 70 a 80.000 T. y si ello persiste, y los propietarios se animan a seguir preparando macizos, la provincia de Huelva podría ponerse en condiciones de producir de 200 a 250.000 toneladas anuales.

Según datos que me suministran los explotadores más importantes, las previsiones para este año son las siguientes:

Grupo Pancho (Calañas) . . . . .	14.000 toneladas
» Santiago Id. . . . .	3.000 »
» Castillo (Zalamea la Real) .	10.000 »
» Guadiana Id. . . . .	12.000 »
» La Joya (Almonaster la Real)	8.000 »
» Santo Domingo (Calañas) .	12.000 »
» Cicerón (El Cerro) . . . . .	4.000 »
» Asperón (Calañas). . . . .	4.000 en preparación
» Cobullos (Almonaster la Real)	3.000 id.
» La Tallisca (Calañas). . . . .	8.000 id.
o sea un total de	78.000 toneladas.

Hay muchos grupos de minas parados tan importantes como los anteriores o más desde el punto de vista geológico, pero las explotaciones se han establecido lo más cerca posible de los medios de comunicación y aun así la mayoría de las minas citadas tienen que efectuar transportes a lomo. Las menos tienen un cable o vía Decauville hasta las estaciones o cargaderos de ferrocarril más próximos.

Para dar una idea de la importancia geológica de estos yacimientos vamos a dar algunos detalles acerca de los más importantes. Es de advertir que la mayoría de estas explotaciones carecen de planos geológicos y aun de planos de labores.

En el término de Zalamea la Real existen las concesiones La Posterera, El Castillo de Palancos y Guadiana; citadas de Levante a Poniente, sobre la misma formación o alineación geológica. La Posterera está inactiva desde hace más de 40 años. No obstante, sobre esa concesión existen los afloramientos más potentes y sugestivos de toda la corrida que en junto suma más de 2 kilómetros de longitud. El Castillo y Guadiana están citados en el cuadro de producción. Están en profundidades de 60 a 70 metros y tienen carbonatos de elevada ley y potencias reconocidas de 20 a 40 metros. La formación pertenece al siluriano superior y próximo por el Norte asoma un gran macizo diabásico.

El grupo de La Joya, El Pocito y La Grulla suma un recorrido de 3 a 4 kilómetros en el carbonífero inferior en término de Almonáster la Real. De ellas sólo se trabaja la Joya donde los carbonatos afectan potencia superior a 30 metros.

En el término de Calañas pudieran citarse también dos o tres alineaciones manganesíferas con más de 3 kilómetros de longitud, sobre las cuales están las minas citadas en el cuadro de producción, en el término de Calañas.

Los términos de Alosno, San Bartolomé, Villanueva de los Castillejos, El Granado y Puebla de Guzmán abundan en manifestaciones manganesíferas inactivas por dificultad de medios de transporte.

Es difícil hacer una valoración de las reservas minerales que en orden a los manganesos encierra la provincia de Huelva. Si hubiéramos de atenernos a las minas conocidas en trabajos no sería difícil llegar a una valoración superando el millón de toneladas y tal vez ello sea irrisorio, mas como quiera que la mayor parte de estas forma-

ciones yacen inactivas, es seguro que Huelva puede considerarse reserva mundial en esta clase de menas. No nos atreveríamos a asegurar, por las razones apuntadas, que sean estas minas de gran profundidad, pero, con todo, la gran longitud de afloramientos y las profundidades máximas alcanzadas al presente, alguna hasta 90 metros, permiten vislumbrar la existencia posible de varios millones de toneladas y por lo tanto bien merece que la región se considere como reserva. Las menas principales, las que forman el relleno principal y endógeno de los yacimientos, son la dialogita (carbonato) y rodonita (silicato). Este último domina juntamente con la sílice, en las porciones superiores. En las regiones superficiales y alteradas por los agentes externos se han encontrado óxidos diversos, pirolusita, psilomelana y braunita, pero en la actualidad son muy escasas las reservas de minerales oxidados. En ciertas minas, como en Guadiana, se dan todavía mezclas de carbonatos y óxidos, y ello hace que sea tan elevada la ley de algunas menas que llegan al 48 % de manganeso. No se sabe si en las minas inactivas podrá haber alguna reserva de minerales ricos. Lo general hoy es el carbonato del 38 al 42 % de manganeso.

En la región no se benefician las menas de manganeso. Ni siquiera se calcinan, cosa que aumentaría la ley algunas unidades, disminuyendo el peso bruto a transportar. La mayoría de las menas se exportan al extranjero. En la actualidad empiezan a hacerse contratos con Altos Hornos y Nueva Montaña para suministro de menas de manganeso lo cual es prueba de que esas Sociedades Siderúrgicas van a entrar en la vía de fabricación de ferro-manganesos.

Tales son las referencias, que en relación con el cuestionario de la Universidad de Cincinnati, puedo sumi-

nistrar a ese Instituto dado el estado actual de las explotaciones manganésíferas.

JUAN HEREZA

Zalamea la Real. Abril, 1925.



# **LA PETROGRAFÍA SIDERAL**

**POR**

**JOSÉ MESEGUER PARDO**

**INGENIERO DE MINAS**

## LA PETROGRAFÍA SIDERAL

---

El estudio de las masas singulares que, procedentes de los espacios cósmicos, vienen a precipitarse sobre la tierra, ha permitido el establecimiento de la petrografía *extraterrestre*. Tales masas, constituyen, en efecto, como dice Arrhenius, una colección de muestras de la materia procedente de los lugares más apartados del universo, y de esta manera, las investigaciones petrográficas en ellas realizadas, sirven para dar una idea concreta de la constitución del cosmos.

Un fenómeno tan notable como la caída de cuerpos celestes había necesariamente de llamar la atención de los hombres, y de ahí que en la historia de la humanidad se hallen multitud de pasajes relativos a tal cuestión. Los escritos de los chinos y los pueblos civilizados antiguos, hacen mención de tales cuerpos y en Siria fué adorado uno de ellos que se consideraba como la personificación del sol. En la Edad Media surgieron muchas leyendas que aun son creídas por el vulgo, y parece verosímil que



la gran piedra venerada en la Kaaba de la Meca, no sea otra cosa que uno de tantos cuerpos caídos sobre la tierra.

Como está rigurosamente comprobada la caída de un bólido en Ensisheim (Alsacia) el 7 de Noviembre de 1492 (1) no deja de parecer extraña la resistencia que durante mucho tiempo todavía, existió para admitir la realidad del fenómeno en el terreno científico. Tres siglos más tarde, el 26 de Abril de 1803, una explosión formidable percibida en los alrededores de Alençon, sucedió a una verdadera lluvia de piedras que cubriendo un área elíptica de 11 kilómetros vino a caer sobre la aldea normanda de Laigle. Estas piedras, algunas de las cuales llegaron a pesar 10 kgs., fueron acompañadas en su caída por una serie de detonaciones semejantes a las salvas de fusilería. Para comprobar el fenómeno, negado tantas veces, la Academia de Ciencias de París, designó una comisión bajo la presidencia de Biot, y desde el mismo instante, los *meteoritos*, *uranolitos* o *aerolitos*, tomaron carta de naturaleza en los dominios de la ciencia.

Los meteoritos ofrecen al caer el aspecto de globos incandescentes, pues la extraordinaria velocidad (superior a 30 kilómetros por segundo) con que penetran en nuestra atmósfera, determina un frotamiento de tal naturaleza que el meteorito y el aire se hacen luminosos. El calor engendrado por el roce determina la fusión del aerolito en la superficie, arrastrando el aire las partículas líquidas y formando el resto de la parte fundida una delgada cutícula de color negro que envuelve al núcleo inalterado y en muchos casos frío.

(1) Aun se conserva el bólido en el Ayuntamiento de la ciudad, aunque ha sufrido bastantes mutilaciones.

Los elementos superficiales llegan a licuarse dejando cavidades cilíndricas o con forma de cubeta, y como consecuencia de la acción del aire cuando el meteorito atraviesa la atmósfera, se producen también ciertas depresiones digitiformes enteramente semejantes a los huecos ocasionados por la dinamita, en las sustancias que sirven de soporte a este explosivo.

Generalmente, después de caer un bólido no se halla un bloque único sino más bien un cierto número de fragmentos distribuidos sobre un área determinada(1). La forma de estos bloques suele ser redondeada irregularmente o angulosa, y el peso puede elevarse a una cifra importante como en el meteorito de Ranchito (Méjico) que ha alcanzado 5 toneladas. El tamaño de los fragmentos es en general el de una manzana, pero muchas veces disminuye hasta el punto de constituir verdadero polvo.

El origen de los meteoritos ha sido una cuestión muy discutida. Se han considerado como fragmentos de planetas destruidos por algún choque o por determinadas tensiones internas. También se ha supuesto que constituían productos de proyección lanzados por los volcanes de esos cuerpos celestes, cuya fuerza explosiva ha podido vencer la fuerza gravitatoria del planeta. Pero las investigaciones de Schiaparelli especialmente, han puesto de relieve que no se trata, en general, sino de restos de cometas disgregados por una excesiva proximidad a nuestro sol. Esta disgregación produce una multitud de meteoritos que conservan la misma trayectoria del cometa originario, y esto explica la periodicidad de su aparición. El

(1) En la caída de Stannern se encontraron de 200 a 300 bloques; en la de Forest 1.000, en la de Podolok 100.000, etc.

famoso cometa de Biela, por ejemplo, cuya revolución se efectuaba en un período de 6,6 años, se dividió en 1845 en dos masas distintas. En 1852 había desaparecido, pero posteriormente ha podido reconocérsele en un enjambre de estrellas fugaces de período idéntico al del cometa y que pasa cerca de la órbita terrestre hacia el 27 de Noviembre.

Los cometas poseen, como es sabido, un núcleo constituido por masas sólidas, y una cabellera formada por moléculas gaseosas y finas partículas de *polvo cósmico* sobre los que obra la presión de radiación producida por la luz solar. Los elementos más pequeños de la disgregación, originan estrellas fugaces que al penetrar en nuestra atmósfera se volatilizan casi completamente. En cambio, los fragmentos más gruesos, se convierten, por decirlo así, en pequeños planetas que gravitan individualmente, y cuando su órbita encuentra la de la tierra, como la magnitud de su masa se opone a la volatilización total, llegan a caer en nuestro suelo.

Los meteoritos y las estrellas fugaces a ellos ligadas por una indudable relación de parentesco, aunque visibles únicamente con ocasión de su paso por nuestra atmósfera, constituyen un capítulo de los más importantes de la Astronomía. Ponen de manifiesto un movimiento incesante de la materia en el espacio, movimiento que puede identificarse al de los átomos constitutivos de los cuerpos que manejamos a cada momento.

Si se atiende a la composición química, los meteoritos están formados por elementos simples conocidos en nuestro planeta. Estos cuerpos son principalmente: hierro, níquel, silicio, magnesio, aluminio, calcio, oxígeno, azufre, fósforo y carbono. En menor proporción aparecen el cloro, potasio, sodio, litio, hidrógeno, nitrógeno, arsénico, antimo-

nio, cromo, cobalto, cobre, manganeso, vanadio, titanio, estaño y estroncio, y todavía pueden agregarse indicios de otros cuerpos (oro, platino, iridio, plata, plomo, helio, argón, etc.)

Las especies minerales más importantes que entran en la composición de los meteoritos, son las siguientes:

**Hierro nativo.** Suele hallarse en la mayoría de las piedras meteóricas, y está siempre asociado al níquel en una proporción que varía de 6 a 26,5 %. También contiene algo de cobalto y a veces un poco de cobre.

**Cohenita.** (Fe, Ni, Co)<sup>8</sup>C. Carburo de ferróníquel y cobalto. Aparece formando cristales quebradizos de color blanco, semejantes al estaño y dotados de propiedades magnéticas.

**Schreibersita.** (Fe, Ni, Co)<sup>9</sup>P. Fosfuro de ferróníquel y cobalto. Es un cuerpo pesado de color blanco o blanco amarillento, con brillo metálico. Se presenta en granos, cristales o pajuelas, y es más o menos sensible a la oxidación según la cantidad de níquel que contiene. Esta especie, quebradiza y muy paramagnética, suele formar agujas en ciertas ocasiones, y en caso tal, recibe el nombre de *Rabdita*.

**Troilita.** FeS. Sulfuro de hierro muy próximo a la pirrotina. Ofrece placas, cilindros, gotas, nódulos, granos o pequeños cristales pardos o de color amarillo de bronce.

**Daubreelita.** FeS, Cr<sup>2</sup>S<sup>3</sup>. Sulfuro de hierro y cromo. Posee color negro con brillo metálico y se presenta asociada a la troilita en los bordes de los nódulos que forma esta última especie.

**Maskelynita.** Ofrece la composición del labrador y parece ser el resultado de la fusión de este feldespato. Según otros, constituye una especie independiente, próxima al leucito. Forma granos transparentes e incoloros, y las



secciones microscópicas, más o menos rectangulares, indican, por sus propiedades ópticas, que se trata de un cuerpo isótropo.

**Weinbergerita.**  $\text{NaAlSiO}_4 + 3\text{FeSiO}$ . Silicato intermedio entre la nefelina y los piroxenos. Aparece en agregados esféricos con fibras que ofrecen una disposición radiada. Es poco refringente y birrefringente, y tiene signo negativo.

**Oldhamita.**  $\text{CaS}$ . Sulfuro cálcico que aparece enclavado en la augita o en la enstatita. Es transparente e isótropa.

**Osbornita.** Oxisulfuro de calcio y titanio o zirconio. Se ha encontrado formando pequeños octaedros regulares de color amarillo de oro, asociados a la especie anterior.

**Moissanita.**  $\text{CSi}$ . Siliciuro de carbono análogo al carborundo. Según los trabajos microscópicos de Pirsson, posee bastante refringencia (índices ordinario y extraordinario superiores a 1,75) y cierto dicroísmo ( $n_o$  indigo,  $n_e$  azul claro). Es poco birrefringente y tiene signo positivo.

**Cliftonita.** Grafito cristalizado en cubos con caras rombododecaédricas o tetrahexaédricas. Según Brezina debe considerarse como una pseudomorfosis del diamante.

**Lawrencita.**  $\text{FeCl}_2$ . Cloruro ferroso. Por alteración origina en la superficie de los meteoritos, manchas de *stigmatita* ( $\text{FeCl}_3$ ).

Otros minerales más comunes son los peridotitos (*olivino*, *forsterita*.) piroxenos rómbicos (*enstatita*, *bronzita*), y monoclinicos (*diopsida*, *augita*.) feldespatos plagioclasas (*oligoclasa*, *labrador*, *anortita*, *cromita*, *magnetita*, *diamante* y *vidrio*). El cuarzo, tan común en los minerales terrestres, falta en los aerolitos. Únicamente en el hierro meteórico de Toluca (Méjico) se han observado cristales microscópicos, algunos de los cuales se asemejan a esta es-

pecie. En el meteorito de Breitenbach ha llegado a encontrarse sílice libre, pero en estado de *asmanita* (tridimita).

Algunos meteoritos se han clasificado con arreglo a los diversos silicatos que les integran, y Rose, Shepard, Tschermak, Meunier, Wadsworth y otros, han introducido numerosas denominaciones de procedencia especialmente geográfica. Parece preferible, sin embargo, la siguiente clasificación de Daubrée, basada en el aspecto exterior y en la naturaleza de los principales elementos constituyentes:

1) **Holosideritos** o meteoritos ferríferos, formados esencialmente por el hierro.

2) **Asideritos** o meteoritos pétreos, integrados por minerales silicatados.

3) **Mesosideritos**, que ofrecen una composición intermedia. Estos forman a su vez dos subgrupos:

a) **Sisideritos** constituídos por un armazón de hierro, cuyos huecos aparecen rellenos por diversos silicatos.

b) **Esporadosideritos**, en los cuales, se presentan los gránulos de hierro nativo, diseminados sobre una matriz pétreo. Aun pueden distinguirse en este subgrupo, según la abundancia del metal, los *Polisideritos*, *Oligosideritos* y *Criptosideritos*.

De los 671 meteoritos cuya fecha de caída se conoce con exactitud, solo 12 poseen una constitución enteramente férrea. En cambio, la mayoría de los caídos en época ignorada son holosideritos, pues aunque encontrados algunos años después de llegar a la tierra, la estructura particular que poseen permite distinguirlos fácilmente. De esta manera, resulta harto probable la existencia sobre la superficie de nuestro globo, de una multitud de meteoritos pétreos desconocidos, cuya textura, por la semejanza que ofrece con la de ciertas rocas terrestres, hace imposible descubrirlos.

Los meteoritos ferríferos ofrecen comunmente una textura laminar visible en ciertos casos a simple vista, y cuando se atacan con ácido nítrico diluido, después de pulidos y calentados en el aire, se originan curiosos dibujos conocidos con el nombre de *figuras de Widmannstätten*, en honor de su descubridor. Este fenómeno se debe a la desigual distribución del níquel en la masa de hierro, y a la menor facilidad para el ataque que presenta el primero.

El principal componente de las pequeñas láminas, es la *Camasita* ( $\text{Fe}^{14}\text{Ni}$ ) asociación de hierro y níquel que contiene 92 % de Fe y 7 de Ni, y ofrece a veces ciertas áreas de un hierro blanco, resistente a los ácidos y muy brillante, que ha recibido el nombre de *Lamprita*. Envolviendo a la primera aparecen determinadas bandas de *Taenita* ( $\text{Fe}^6\text{Ni}$ ), compuesto de hierro y níquel con 85,4 % de Fe y 14 de Ni. Las expresadas denominaciones de camasita y de taenita se han generalizado y se aplican a todas las mezclas de hierro y níquel (pobres en Ni en el primer caso y ricas en el último) aun cuando no posean la textura que acaba de indicarse.

En conjunto se perciben discos de camasita recubiertos a ambos lados por la taenita y orientados paralelamente a las caras de un octaedro regular. El ángulo formado por las varillas, depende de la orientación de la sección con respecto al octaedro, y las placas se encuentran en posición de macla según el referido sólido. Los intervalos aparecen rellenos por una materia ferruginosa que ofrece una disposición semejante a la textura ofítica. Esta materia conocida con el nombre de *Plessita* ( $\text{Fe}^{28}\text{Ni}^6$ ) constituye una mezcla de camasita y taenita, y es por lo tanto una substancia intermedia entre ambas.

Otros hierros meteóricos ofrecen textura distinta. El meteorito de Braunau (Bohemia), por ejemplo, se presen-

ta como un solo individuo integrado por pequeñas láminas macladas y posee crucero cúbico. En otros casos no existe el crucero según las caras del cubo, y el holosiderito aparece formado por tres pequeños individuos orientados diversamente. Entonces suelen presentarse la troilita, la schreibersita, la daubreelita, la cohenita, el grafito y aun el diamante en casos excepcionales como el meteorito del Cañón Diablo (Arizona).

Para diferenciar la schreibersita y la cohenita del ferróníquel, puede acudirse al contraste que ofrece la maleabilidad de éste, con la dureza de las primeras. Del mismo modo, mientras el ferróníquel y la cohenita se disuelven en el cloruro de cobre amoniacal, la schreibersita es muy poco soluble en tal reactivo.

Muchos meteoritos contienen menos de 6,5 % de níquel y están compuestos únicamente de camasita. Entonces forman un solo núcleo que en unos casos es compacto y en otros posee uno o varios cruceros cúbicos perfectos. Cuando aparece la taenita acompañando a la camasita, se eleva la proporción de níquel que puede llegar hasta 26 % y en el caso de textura octaédrica, se observan reunidas la camasita y la plessita. Algunos hierros meteóricos compactos, poseen también un contenido elevado de níquel, y hasta se han comprobado en ocasiones porcentajes de 35 y hasta de 62 %.

No deja de ofrecer cierto interés la comparación de los hierros meteóricos con los artificiales. La ferrita (hierro puro) de éstos, con su textura poliédrica y marmórea, recuerda la textura microscópica granular de los holosideritos; la carboferrita, que contiene carbono o carburo de hierro ( $\text{Fe}^3\text{C}$ ) en solución sólida, ofrece asimismo, en estado de martensita, una textura octaédrica; la cementita ( $\text{Fe}^3\text{C}$ ) es completamente idéntica a la cohenita, y la perli-



ta, constituida por una mezcla eutéctica de cementita y de ferrita, ofrece la constitución de las plessitas. En ocasiones, la perlita hasta llega a adoptar una textura ofítica cuando rellena los intersticios existentes entre las pequeñas láminas de la ferrita octaédrica.

El sulfuro (FeS) y el fosfuro de hierro (Fe<sup>3</sup>P), como el grafito y el diamante, aparecen tanto en los hierros meteoríticos como en los industriales, y algunos de éstos, que cuentan con una cierta proporción de níquel, ofrecen una textura poliédrica o martensítica.

En el hierro artificial no se ha observado, en cambio, una división en camasita y taenita como la que ponen de relieve las figuras de Widmannstätten, lo cual hace pensar que para la formación de la textura particular de los meteoritos, quizá sea necesario un enfriamiento extraordinariamente pausado.

El desarrollo de la textura octaédrica en los hierros meteoríticos después de haber alcanzado el estado sólido, parece verosímil ante las múltiples diferenciaciones que se observan en los hierros industriales ya solidificados. Desde luego, una disposición de tal naturaleza, ha debido tener lugar para la camasita y la plessita, a temperatura inferior a 1.300°, pues el segundo de dichos elementos se destruye a temperaturas más elevadas.

La acción del calor, modifica, como ha hecho observar Berwerth, la textura de los holosideritos. En tanto que la camasita conserva la textura de la martensita con aspecto hojoso y granular, la taenita abandona el campo de la plessita para depositarse sobre las varillas ferruginosas. Benedickt ha obtenido artificialmente este último elemento, sometiendo un hierro meteorítico durante 60 horas, a la temperatura de 300°.

Los asideritos o meteoritos pétreos, poseen pajuelas fe-

rruginosas sobre una matriz integrada por peridoto olivino, piroxénos rómbicos, augita y algunas veces, plagioclasas. Con frecuencia se observan cristales yuxtapuestos de tamaño variable, rotos o inalterados. La textura puede ser granular, porfídica u ofítica, pero lo verdaderamente característico es una disposición particular de los elementos, desconocida en nuestro globo, que ha recibido el nombre de *textura condritica*. Tal denominación se debe a la presencia de pequeñas esferas grisáceas llamadas *condros*, que alcanzan a lo más el tamaño de un grano de maíz. Estos condros están formados por un solo cristal redondeado de olivino, con laminillas vítreas dispuestas en abanico. Otras veces poseen textura porfídica y se integran por un conjunto de grandes y pequeños cristales del referido peridoto. Hasta existen casos en que el tamaño de los granos cristalinos disminuye tanto que el condro aparece formado por una especie de arena de olivino. También contienen los condros, con cierta frecuencia, una broncita de textura radiada excéntrica o fibrosa, bien sola o en asociación con el peridoto.

Hay casos en que los asideritos están formados casi exclusivamente por condros; en otras ocasiones se observan pocos, y a veces, pueden separarse con facilidad de las sustancias que les acompañan.

Existen asimismo meteoritos feldespatícos formados por una mezcla de anortita y augita dialagítica, acompañadas de broncita. La textura es entonces *intersticial*, es decir, los feldespatos tienen forma tabular hallándose orientados en todas direcciones, y los individuos cuentan con el tamaño suficiente para ofrecer un contacto mutuo. Los intervalos aparecen rellenos por las especies acompañantes que son, naturalmente, xenomorfas. Otros asideritos ofrecen diversas asociaciones mineralógicas. El de

Petersburg (Virginia) contiene anortita, augita, olivino, algo de cromita y hierro niquelífero, pudiendo compararse a los basaltos. El de Sherghotty está formado por augita y maskelynita; el de Angra dos Reis sólo posee augita con una pequeña cantidad de olivino; el de Bustee, diopsida, enstatita y un feldespató triclinico con algo de hierro niquelífero, oldhamita y osbornita; el de Bishopville, enstatita, plagioclasa, augita, hierro niquelífero, troilita y cromita; el de Roda contiene olivino y broncita, y el de Chassigny, formado por olivino con inclusiones de cromita, parece idéntico a la dunita, desde el punto de vista petrográfico.

Entre los asideritos se encuentran también ciertos meteoritos vítreos hallados en terrenos terciarios y cuaternarios, que fueron confundidos al principio con la obsidiana. Sin embargo, su situación alejada de los volcanes y en comarcas donde no parece admisible que se hayan obtenido artificialmente por no existir fundiciones de hierro ni fábricas de vidrio, hace suponer que no cuenten con otro origen que el meteórico. Estos cuerpos cuyo tamaño varía entre una nuez y una manzana, se distinguen por la elevada temperatura de fusión y por su riqueza en alúmina. Las *Tectitas* poseen forma característica de doble casquete con estrías cruzadas a causa de su paso por la atmósfera, y están formadas por un vidrio anhidro y transparente, de color azul obscuro, verde y con menor frecuencia pardo. Las *Moldavitas* son también meteoritos vítreos de color verde obscuro o negruzco y aparecen cubiertas de cicatrices.

Calculando la media de un gran número de análisis de piedras meteóricas, y transformando el resultado de modo que se eliminen el níquel, el azufre y el fósforo, y que el hierro se halle en estado de peróxido, G.-P. Merrill ha

puesto de relieve la identidad con las peridotitas. Hé aquí un resultado:

	Media de 99 análisis de meteoritos	Análisis transformado
SiO <sub>2</sub>	38,98	45,46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,75	3,21
Fe	11,61	»
FeO	16,54	19,29
CaO	1,77	2,06
MgO	23,03	26,86
Na <sub>2</sub> O	0,95	1,11
K <sub>2</sub> O	0,33	0,38
MnO	0,56	0,65
Cromita	0,84	0,98
Ni, Co	1,32	»
S	1,85	»
P	0,11	»
	<u>100,64</u>	<u>100,00</u>

Se ve pues, la extraordinaria analogía de los meteoritos pétreos con los productos endógenos básicos, es decir, con aquellas masas que por razones múltiples deben considerarse como procedentes de las capas profundas de la tierra. Lockyer logró la incandescencia de los meteoritos sometiéndolos a la acción del arco eléctrico, y así también se ha puesto de relieve la semejanza de los espectros que originan con el producido directamente por el Sol.

El análisis espectral, ya había indicado previamente que algunas masas estelares tales como los cometas, poseían en su parte esencial, una constitución semejante a las del sol y la tierra. Sin embargo, la existencia de ciertos cuerpos como el cloro, el azufre, el fósforo, el arsénio-



co, etc. que tan importante papel desempeñan en la constitución de la tierra, no había podido señalarse con tal procedimiento por la dificultad que ofrecen los indicados elementos simples para la producción de sus espectros. Ese resultado, sólo ha podido conseguirse gracias a las investigaciones realizadas en los meteoritos.

La diferencia existente entre los cuerpos cósmicos que nos ocupan y las rocas terrestres más pesadas, queda reducida en síntesis, a la sustitución de la magnetita por el hierro nativo, lo cual, pone de relieve en los primeros una oxidación menos avanzada que la de las últimas.

La fusión de los meteoritos pétreos, origina, como ha hecho ver Daubrée, no un producto semejante a la cutícula que los envuelve, sino una masa silicatada cristalina que contiene corpúsculos ferruginosos. Dicha masa, formada por una mezcla de peridoto y de enstatita, ofrece con preferencia en su interior la última de las citadas especies. Además, sometiendo las peridotitas o lertzolitas terrestres a la acción reductora del hidrógeno a la temperatura del rojo, llega a obtenerse una substancia completamente análoga al resultado de la fusión de los meteoritos. El hierro níquelífero se presenta como consecuencia de la reducción de la magnetita y de la combinación del metal libre con el níquel que siempre existe en la mayoría de las citadas rocas. Los fosfuros, proceden, asimismo, de la reducción de los fosfatos.

De esta manera, si las rocas básicas difieren de las ácidas por signos evidentes de una oxidación menos intensa, los meteoritos indican, relativamente a las rocas básicas, un predominio de elementos reductores caracterizado por la presencia de hierro nativo y de peridoto, el más básico de los distintos silicatos.

Se deduce por lo tanto, que a profundidades mayores

que aquéllas en donde se engendran las peridotitas, debe existir una zona en la que la oxidación es tan pequeña que permite la formación de productos enteramente semejantes a los meteoritos pétreos. Estos mismos cuerpos, que ofrecen una preponderancia de hierro, silicio y oxígeno, no constituyen realmente más que el resultado de una débil oxidación efectuada a expensas de un baño metálico. Así, el peridoto debe considerarse, según la feliz expresión de Daubrée, como una especie de *escoria universal* formada por oxidación débil de la masa metálica interna.

Como la unión de los meteoritos con las rocas terrestres se efectúa a través de las peridotitas (que ofrecen grandes afinidades con ambos grupos) es lógico pensar que nuestro planeta posea en profundidad mantos ricos en hierro disuelto en cierto modo en un medio reductor donde dominen el hidrógeno y el carbono. Y mientras el primero, gracias a su exigua densidad, pudo salir al exterior para formar por combinación con el oxígeno el agua de los océanos, y se acumularon en las zonas corticales superiores los productos de oxidación de los metales ligeros, quedó por debajo un manto peridótico rico en hierro, sometido a la acción de un medio reductor.

**ESTUDIOS HIDROGEOLÓGICOS**

**CUENCA DEL TAJO**

**PROVINCIA DE GUADALAJARA**



## **ESTUDIOS HIDROGEOLÓGICOS**

### **CUENCA DEL TAJO**

PROVINCIA DE GUADALAJARA

---

En el tomo 28 del Boletín del Instituto Geológico de España, año 1926, aparecen dos estudios hidrogeológicos de la cuenca del Tajo, provincia de Madrid, que se refieren a una parte de la gran meseta central lacustre de España, que firman, uno, los señores D. Juan García del Castillo y D. César Rubio y el otro D. Mariano Álvarez Aravaca y D. Rafael Sánchez Lozano.

El presente trabajo forma parte de un informe que di con motivo de la instancia presentada por el Sr. Alcalde de Guadalajara solicitando auxilio informativo y pecuniario para ejecutar obras destinadas a alumbramientos de agua para abastecer dicha ciudad. En él va consignado mucho de lo que en aquellos trabajos se dice y opiniones de otros geólogos. Puede, pues, considerarse nuestro estudio como continuación de aquéllos. Con objeto de que quizás un día pudiera ser útil algo de lo que contiene ese escrito, creo que debe publicarse en el BOLETÍN DEL INSTITUTO, pues, a mi juicio, nada hay peor que quedar inéditos

o desperdigados en periódicos y revistas, trabajos que de no tenerlos presentes al hacer estudios análogos pudiera acarrear no muy gratas consecuencias.

Tal sucede, en lo que se refiere a la región de que nos vamos a ocupar, con lo hecho por los señores Casiano de Prado, Bentabol, Rubio (José), Fernández Navarro, Cosío, Marín, Dupuy de Lôme y otros.

En nuestro informe decíamos que: Debido a la composición de las rocas que esencialmente forman el suelo y el subsuelo del terreno donde asientan gran número de poblados de la provincia de Guadalajara, resulta que el agua que utilizan como potable es, en la mayoría de las veces, de mala calidad o escasa, y con frecuencia las dos cosas a la vez. Además, aparte de la potabilidad para usos domésticos, esa escasez hace que apenas si se puede disponer de algún caudal para atender a las necesidades de higiene y ornato público, sobre todo en verano. Sin olvidar que si hubiera aguas sobrantes, cubiertos aquellos servicios, pudieran convertirse en tierras de regadío muchas de las que hoy son de secano, que con abonos y aguas serían en extremo productivas, con los consiguientes beneficios generales que a una comarca lleva consigo una transformación de esa índole.

Por eso hemos creído que al informar en el caso concreto que se nos pedía, debíamos hacerlo presentando el problema en su aspecto general y del modo más amplio.

La ciudad de Guadalajara, situada próxima a la margen izquierda del río Henares, está construída sobre bancos de maciños miocenos. En ese lado del río aparecen grandes masas de arcillas rojas yesosas, mientras que en la margen derecha son aluviones con espesores que no pasarán de 20 a 25 metros que recubren sedimentos miocenos, continuación, como los del otro lado del río, de la forma-

ción terciaria de las provincias de Madrid y Toledo que en conjunto forman la gran meseta central terciaria lacustre del centro de España.

Los geólogos que han estudiado el terciario lacustre del centro de España establecen en él tres divisiones: en la superior predominan las calizas de colores amarillo y grisáceo, de textura compacta algunas, pero la mayor parte son esponjosas y casi todas están acribilladas de agujeros y oquedades, lo que unido a estar cruzadas en todos sentidos por grietas y que las juntas de los planos de estratificación se hallan muy marcados, hacen del todo un conjunto muy permeable por donde pueden circular con mucha facilidad los hidrometeoros.

Entre ellas se intercalan lechos de poco espesor de margas de color gris verdoso, arcillosas unas, más sabulosas otras y todas más o menos yesosas. Aunque relativamente impermeables, dejan muchas veces, según el elemento que domina, libre paso a parte de las aguas que proceden de la superficie del suelo.

En la parte más alta del tramo, entre los bancos de caliza, aparece alguna vez alguna pudinga de cantos de cuarzo y de cuarcita cementados por una arenisca de grano muy fino.

A este tramo superior se le asigna unos 60 metros de espesor cuando está completo, pero en pocos lugares alcanza esa cifra porque los efectos de la denudación han sido muy intensos, llegando hasta desaparecer las calizas en zonas muy extensas como ocurre en las inmediaciones de la ciudad de Guadalajara.

Debido a esta alternancia de calizas permeables y de margas más o menos impermeables, resulta que en esta división del mioceno puede encontrarse agua a distintos niveles.



La mayor parte de las fuentes y manantiales de que se surten muchos pueblos, procede de esa división superior del mioceno.

Las aguas son de mediana calidad, calizas, selenitosas y a veces magnesianas. La que hoy beben en Guadalajara tiene 17° hidrotimétricos.

Además contienen bacterias nocivas para la salud, procedentes de los abonos y detritus de animales y vegetales que recojen de la superficie del suelo, en especial si son poco profundas.

El tramo medio del mioceno lo forman margas yesíferas y ocráceas; rojizas en las inmediaciones de Guadalajara hasta la orilla izquierda del Henares, pero también las hay grises. Van acompañadas de lechos de arcilla impermeable y de yeso terroso casi suelto.

El espesor de este tramo lo estiman todos los geólogos entre 200 y 300 metros, según los lugares de que se trate.

Es casi constante en esta parte de la cuenca, constituyendo las laderas de los valles por debajo de las calizas de la división superior donde éstas no fueron derrumbadas.

Aunque en absoluto no pueda clasificarse este tramo como permeable, en realidad lo es, porque la cantidad de agua que deja pasar es pequeña comparada con la que filtra el tramo superior.

En él no deben encontrarse veneros de agua importantes.

El tramo inferior es esencialmente sabuloso y está formado de maciños de granos silíceos de espesor variable y conglomerados de gruesos cantos calizos (gonfolitas) que se ven aflorar en los bordes de la cuenca en el contacto con las calizas cretáceas.

Aunque en algún paraje adquiere este tramo excepcio-

nal desarrollo, le asignan un espesor medio alrededor de 60 metros.

En estas tres divisiones: tramo superior calizo, medio margoso y areniscas en el inferior, quedan comprendidas las cinco divisiones que el Sr. Castell establece en el mioceno de Guadalajara.

Nada tendría de extraordinario, pues distinguidos geólogos ya lo han manifestado, que los sedimentos más inferiores, clasificados como miocenos, fueran eocenos y que dentro de esa formación terciaria lacustre aparezcan manchas oligocenas como ha ocurrido en la cuenca del Ebro. Sea de ello lo que fuere, poco importa para los fines de este informe.

Los bancos de conglomerados y maciños se apoyan en estratificación concordante con las calizas (arcosas) cretáceas que se presentan en bancos hasta de 20 metros de espesor. Son de colores blanco y amarillo, de textura granuda y basta, y en la parte más alta suelen ser cavernosas. Con ellas alternan lechos de areniscas poco coherentes con granos gruesos de sílice.

No hay para que decir que forman un tramo muy permeable.

El tramo medio son arcillas y margas, y el inferior lo constituyen arenas sueltas o débilmente unidas, de escasa consistencia y en las que dominan granos finos de sílice.

El espesor del cretáceo en Guadalajara lo aprecia Castell en unos 200 metros, de los cuales corresponden 100 a las calizas, 50 a las margas y 50 a las areniscas.

Hay, pues, en ese sistema dos niveles permeables separados por uno impermeable.

Si los hidrometeoros que circulan a través del tramo superior de las calizas por encima de las margas del

tramo medio pueden ser recogidos por pozos, norias o fuentes que alumbran en las laderas de los cerros, las que circulan a través de las areniscas del tramo inferior, así como las que corran entre las capas permeables del cretáceo, entran en la categoría de aguas profundas cuya elevación por medios mecánicos hay que desechar por costosas. Sólo serán aprovechables si la cuenca reúne condiciones para que surjan o sean artesianas, es decir, que procedan de lugares lejanos mucho más elevados que el paraje donde se intente alumbrarlas.

Y para ver si eso ocurre hay que recurrir a la estratigrafía y a la tectónica de la comarca.

En el centro de la cuenca aparecen las capas conservando aparentemente su horizontalidad primitiva, aunque en realidad están ligeramente inclinadas al S.SO., hecho que ya fué observado por D. Casiano de Prado, quien en su «Descripción geológica de la provincia de Madrid», dice que las calizas terciarias ofrecen, en conjunto, pendiente de un metro por kilómetro. Según D. Carlos Castell, desde Algorta hasta Ocaña hay unos 300 metros de desnivel, lo cual da una pendiente de dos milésimas con escasa diferencia. El Sr. Sánchez Lozano, en sus «Estudios hidro-geológicos en la provincia de Madrid» llega hasta el 3 por mil, puesto que en 44 kilómetros de distancia, entre las calizas de Colmenar de Oreja y las de Los Santos de Humosa hay 140 metros de desnivel.

Pérez Cossío encontró una diferencia de nivel de 40 metros entre las casas de las dehesas de Perovéquez y Nohales del término municipal de Torrijos, provincia de Toledo, que en línea recta distan 11 kilómetros, lo que da una pendiente media de tres milésimas.

Aparte de esta pendiente, tan distinguidos geólogos hacen notar que la superficie general tampoco es completa-

mente uniforme, sino que forma un conjunto de partes cóncavas y convexas insensibles a la vista, miradas desde lejos, en medio de otras verdaderamente planas, cuyos accidentes fueron atribuidos por el Sr. Prado al asiento desigual del terreno antes de quedar del todo consolidados los estratos, lo que según Sánchez Lozano, es muy de tener en cuenta para formar juicio acerca del régimen subterráneo de las aguas porque «en profundidad deben los lechos de estratificación presentar irregularidades semejantes a las de la superficie, aun cuando menos acentuadas porque hasta ellas no ha alcanzado la acción destruidora».

Aunque como carácter general se les concede a las capas terciarias el conservar en conjunto su horizontalidad primitiva o variar muy poco de ella, tal hecho no ocurre en los bordes de la cuenca, donde las capas se encuentran levantadas y apoyadas sobre las cretáceas que festonean las estribaciones de las cordilleras Carpato Vética e Ibérica.

El mapa del «Instituto Geológico de España» enseña que esta cuenca está encuadrada por terrenos más antiguos.

Siguiendo una línea de unos 150 kilómetros de longitud en dirección S. a partir de los afloramientos cretáceos de Huérmeces (Guadalajara) hasta los de Almonacid del Marquesado (Cuenca), se pasa por los asomos, también cretáceos, de La Cabrera, Algorta, Mantiel, Alcocén y Sacedón (Guadalajara), Cerro de Altomira (Guadalajara y Cuenca) y Vellisca, Uclés y Saelices (Cuenca). La altura media del conjunto de estos afloramientos es de unos 1.120 metros sobre el nivel del mar, correspondiendo la cota máxima de 1.213 metros al cerro de San Cristóbal de Algorta y la mínima de 1.000 metros a Almo-



nacid del Marquesado; pudiendo citarse como intermedias las de 1.180 metros en Altomira, 1.172 en Canredondo (Guadalajara) y 1.061 metros en Huérmeces.

A partir de Almonacid del Marquesado cambia el rumbo del contorno hacia el Oeste hasta Puente del Arzobispo (Toledo), unos 203 kilómetros, pasando por los afloramientos cretáceos de Puebla de Almenara (Cuenca), los asomos silurianos del Cerro Gollino en Corral de Almoquer y de Lillo (Toledo), los estrato-cristalinos del manchón de Villamuelas, Almonacid de Toledo y San Martín de Pusa (Toledo) y los de igual formación de Barbarroya junto a Puente del Arzobispo.

La altitud media de este límite de la zona puede calcularse en unos 785 metros correspondiendo la máxima de 1.000 al cretáceo de Almonacid del Marquesado y la mínima de 420 metros a los asomos graníticos de Puente del Arzobispo. Las cotas intermedias son: de 833 en el siluriano de Gollino; de 900 y 660 en los granitos de Villamuelas y Guadamur, respectivamente.

Desde Puente del Arzobispo la línea de unos 202 kilómetros se dirige al Nordeste y pasa por todo el borde Sudeste de la gran masa estrato-cristalina de Velada y Escalona (Toledo) y Chapinería (Madrid); por el asomo cretáceo de Valdemorrillo (Madrid) y por la continuación del borde estrato-cristalino anterior hasta Colmenar Viejo (Madrid), por la faja cretácea de El Molar, Torrelaguna y Patones (Madrid) y Valdepeñas de la Sierra, Tamajón y San Andrés del Congosto (Guadalajara) hasta Huérmeces.

Las cotas de altura de esta trayectoria son: de 420 m. en Puente del Arzobispo, de 1.260 en el vértice geodésico de Almenara al Sur de Robledo de Chavela (Madrid), de 915 en Valdepeñas de la Sierra, de 1.000 en Tamajón, de 1.167 en

Jócar, de 1.070 en Veguillas y de 1.061 en Huérmeces (Guadalajara), resultando por lo tanto una media de 985 metros.

La cuenca hidrológica de la región así limitada, constitúyena, principalmente, el río Tajo y sus tributarios Alberche, Guadarrama, Manzanares, Jarama, Henares y Tajuña, predominando en casi todos estos afluentes la dirección Sudoeste, y siendo ésta la constante del Tajo desde que penetra por el portillo cretáceo de Valtablado (Guadalajara) hasta que sale por las brechas del estrato-cristalino de Puente del Arzobispo.

La cota del Tajo a su paso por Mantiel es de 700 mts.; la del Tajuña de 920 en Sotillo; la del Henares de 860 en Baidés y la del Jarama de 900 en Puebla de Vallés; pueblos todos de la provincia de Guadalajara enclavados en terreno cretáceo o en sus proximidades.

En el adjunto plano van también indicadas las cotas de la ciudad de Guadalajara y de otros puntos de la cuenca terciaria.

Hay, pues, desnivel más que suficiente para que las aguas se filtren por las capas permeables y surjan artesianas si se cuenta con otras condiciones a que han de satisfacer.

Aunque en una zona tan extensa como es la que forman los contornos de la mancha cretácea en su contacto con la terciaria, no es fácil que todos los estratos inclinen ordenadamente en un sentido determinado, es lo cierto, que las capas presentan un buzamiento general hacia el centro de la cuenca, dominando el arrumbamiento S. SO.

La identidad de composición de los sedimentos cretáceos que allí aparecen y su disposición orográfica, ha hecho presumir a muchos geólogos, entre ellos a los señores Prado, Botella, Cortázar y Rubio, que el lago terciario en que se depositaron las capas miocenas tiene por recipien-

te una nava cretácea continua y que se puede suponer, con cierto fundamento, que en su mayor parte está depositada sobre el cretáceo.

También el Sr. Marín al ocuparse del abastecimiento de aguas de Alcalá de Henares, llama la atención sobre el hecho de que la Sierra de Altomira, cretácea, es la única mancha de terrenos más antiguos que el mioceno que rompe la continuidad de los estratos correspondientes a este último sistema y que se puede suponer que en su mayor parte el mioceno está depositado directamente sobre el cretáceo.

Lo mismo que Verneuil, Casiano de Prado y Lyell, opina Pérez Cossío (1) que debajo de la cuenca terciaria del Tajo existe o debe existir el terreno cretáceo cuyas capas afloran en los diques del antiguo lago siempre que éstos por efectos de fenómenos volcánicos posteriores a la época cretácea hayan sufrido presión lateral bastante para haber sido elevados a cotas o altitudes suficientes, a no quedar cubiertos por materiales modernos que se depositarían en el fondo de la cuenca arrastrados por la corriente de agua que a él afluyera en aquella época geológica.

Expuestos en líneas generales los caracteres esenciales para el conocimiento hidrológico de la comarca, resulta lo siguiente:

1.º Que pueden obtenerse aguas someras más o menos potables por medio de pozos, galerías, etc. en diversos niveles del mioceno superior y principalmente en el contacto con las margas de la división media.

(1) "Sobre la posibilidad de hallar aguas artesianas" por D. Leandro Pérez Cossío. "Revista Minera Metalúrgica y de Ingeniería" números 2.410 y 2.411, año 1913.

2.º Que en éstas no es posible que se encuentren manantiales de importancia, y caso de hallarse alguno, sería de peor calidad que los del tramo superior.

3.º Que por debajo de esas margas hay una serie de capas sabulosas y de calizas con grietas y oquedades muy permeables, interpuestas entre otras impermeables, cuya alternancia llega hasta las capas inferiores del cretáceo por donde puede circular y acumularse el agua procedente de niveles topográficos más elevados. Aguas que serán mejores si proceden de las arcosas y areniscas cretáceas, pero que no podrán utilizarse económicamente si no surgen a la superficie mediante taladros y por diferencias de nivel.

4.º Que esta diferencia de nivel existe, porque las capas terciarias aparecen levantadas apoyándose sobre las cretáceas que forman parte de la Sierra, con una gran superficie de captación que corresponde a un largo perímetro y diferencias de cota notables entre los afloramientos y el centro de la cuenca.

5.º Que debido a un buzamiento general al S. SO. y por otras razones, el fondo de aquélla es cretácea y afecta la forma de una nava.

6.º Que es lógico suponer, tratándose de la era terciaria, que no haya ocultas grandes fallas ni dislocaciones del terreno que alteren la libre circulación subterránea de los hidrometeoros porque los grandes movimientos de esa época no han alcanzado a la región de que nos ocupamos pues en ella no hay rocas basálticas o básicas que no existen en España sino fuera de esta región.

Muy distinguidos geólogos han admitido la posibilidad de encontrar aguas artesianas en la cuenca terciaria central de España.

D. Casiano de Prado dice en su «Descripción físico-geo-



lógica de la provincia de Madrid» al hablar del terciario de Venturada y Cabanillas; «Es sensible que los pozos artesianos que en Madrid se han abierto no hayan pasado de las arcillas, pues en las arenas de la base es donde, según toda la probabilidad, se presentarían aguas ascendentes y surtidores». En el mismo trabajo alentaba al Gobierno y al Ayuntamiento de la Capital «para que fijara su atención en cosa de tanto interés».

Sánchez Lozano (1) se expresa como sigue: «En cuanto se refiere a las aguas artesianas, cabe en lo posible que se encuentren en ciertas capas permeables pertenecientes a la división terciaria inferior, y es probable que en mayor abundancia en las arcosas y areniscas cretáceas, siendo, a juicio nuestro, el paraje más apropiado dentro de la provincia para llegar a las capas por medio de la sonda, la región de la vega del Henares situada aguas arriba de Alcalá».

En el mismo trabajo también dice: «Es lamentable que cuestión de tanto interés esté todavía por resolver, con tanto más motivo, cuanto que, aun en el supuesto de que dentro del terreno terciario no se encontraran aguas artesianas o que de encontrarse surgieran con escasez, queda siempre por deslindar otra cuestión, si cabe más interesante, y es la de determinar si las aguas de que se trata podrían hallarse a mayor profundidad en las arcosas y areniscas cretáceas, rocas que en la región han de reunir condiciones más apropiadas que las terciarias para producir caudales de agua importantes».

(1) «Estudios hidrogeológicos. Cuenca del Tajo. Provincia de Madrid», por D. R. Sánchez Lozano. Bol. Inst. Geol. de España. tomo 28 año 1906.

Don César Rubio (1) dice: «En nuestra opinión la iluminación de aguas en Madrid nada tiene de absurdo hoy, contando como se cuenta con un conocimiento más perfecto de la región y con elementos mecánicos de sondeo que no soñaron nunca los que perforaron pozos en la mitad del siglo pasado.

En otro lugar del mismo trabajo añade «las capas permeables, en las cuales se hallarán las aguas, son las arcosas del cretáceo o las areniscas del terciario y lo mismo las unas que las otras se presentan con bastante extensión y altura para absorber el agua de los hidrometeoros de las corrientes que circulan por la superficie del terreno donde aquí afloran».

Deduce de su estudio, «que las razones anteriores son suficientes para intentar, sin que se califique de despropósito, la apertura de algún pozo artesiano en el territorio matritense, cuyas aguas, en caso de brotar, representarían enorme riqueza».

Adán de Yarza opina que «las mismas razones aducidas en favor de la posibilidad de hallar aguas en el terciario pueden aplicarse al cretáceo y aun con mayor fundamento, ya que las rocas sabulosas de su base son menos coherentes que las de la base del terciario».

El Sr. Marín, como resumen de su informe sobre el alumbramiento de aguas potables para abastecer a la ciudad de Alcalá de Henares, deduce; «que un pozo que se realizase en la parte alta del pueblo de Alcalá de Henares, encontraría varios niveles acuíferos, pero juzgamos

(1) «Estudios hidrogeológicos. Cuenca del Tajo. Provincia de Madrid», por los Sres. D. Juan García del Castillo y D. César Rubio.

que de haber aguas artesianas, éstas no se cortarían hasta llegar a la profundidad de 400 a 500 metros».

«No creo necesario insistir, dice, sobre el interés que la resolución de este problema tenga para la provincia de Madrid y es realmente asombroso que hasta el presente no se haya abordado asunto tan interesante a pesar de los buenos informes de los geólogos que se han ocupado de ello».

De un informe para alumbrar aguas en Barciences (Toledo) de Dupuy de Lôme, copiamos esto: «Se puede, pues, asegurar que existe una cuenca artesiana en la enorme extensión del valle del Tajo.....».

Aconseja hacer un sondeo que tendría unos 500 metros que probablemente encontraría niveles acuíferos en las areniscas y conglomerados del mioceno inferior y potentes mantos de agua artesiana en los horizontes de calizas y arenas cretáceas.

Pérez Cossío dice en su ya citado trabajo «creemos que las razones anteriores son suficientes para intentar con fundadas esperanzas una serie de sondeos que de obtener aguas surgentes habrían de resolver por completo tan complicado e interesante problema como el de las aguas artesianas en Castilla la Nueva».

«Nuestra opinión es, pues, favorable a la ejecución de los sondeos en las dehesas de Perovéquez y Nohales».

Podríamos aun transcribir lo que los señores Vilanova, Bentabol, Rubio (José), Fernández Navarro y otros han dicho sobre las probabilidades de éxito que tendría el alumbramiento de aguas artesianas en toda la cuenca terciaria del Tajo.

Puestas de manifiesto la estructura geológica de la región que demuestra reunir condiciones para encontrar aguas artesianas y la opinión de geólogos tan acreditados

queda como último punto a tratar el de ver si sería factible ejecutar los sondeos económicamente en esa parte de la provincia de Guadalajara.

En primer lugar, por la naturaleza de las rocas que hay que atravesar, no es probable que se encuentren grandes dificultades, por estar clasificadas entre las de poca o mediana dureza. Además, dada la coherencia de muchas de ellas, no precisaría el entubado completo del taladro.

La profundidad máxima que éste ha de alcanzar, es decir, llegando hasta los niveles inferiores del cretáceo, no pasará de 500 metros porque hay lugares donde han desaparecido totalmente las calizas superiores.

Esa cifra relativamente arbitraria es, con pequeña diferencia, la que en conjunto se ha dado para los espesores del terciario y del cretáceo.

Don Casiano de Prado, Cortázar y Castell que estudiaron las provincias de Madrid, Cuenca y Guadalajara, atribuyen a la formación terciaria lacustre un espesor entre 200 y 300 metros. Marín en Alcalá de Henares, lo estima en 300 o más metros, según los lugares, y Castell cree que el espesor del cretáceo en Guadalajara es aproximadamente de 200 metros. Lo mismo opina el Sr. Prado para la formación de Madrid, y Marín para el nuevo asomo cretáceo de la Sierra de Altomira.

En lo que queda expuesto está fundamentado nuestro modo de pensar respecto a como debe tratarse el problema del abastecimiento de aguas potables en la cuenca central terciaria.

Creemos que lo más conveniente sería hacer un sondeo que llegara hasta las arenas inferiores del cretáceo. Antes de llegar a ellas se encontrarían otros niveles acuíferos y quizás algunos artesianos en las areniscas del tramo inferior del terciario, pero es indudable que la calidad de las



aguas procedentes de aquéllas será muy superior a la de los niveles más altos. Las mismas areniscas y conglomerados con cemento silíceo de la base del terciario servirán de filtro para purificar las que pudieran pasar a través de las margas yesosas.

La cantidad de agua que proporcionan los pozos artesianos, la altura que éstas alcanzan y la constancia del rendimiento que dan, hacen que no se haya omitido gasto ni sacrificio allí donde se han comprendido sus ventajas y creído en condiciones adecuadas para hacerlos.

VICENTE KINDELAN.

## **GEOFÍSICA APLICADA**

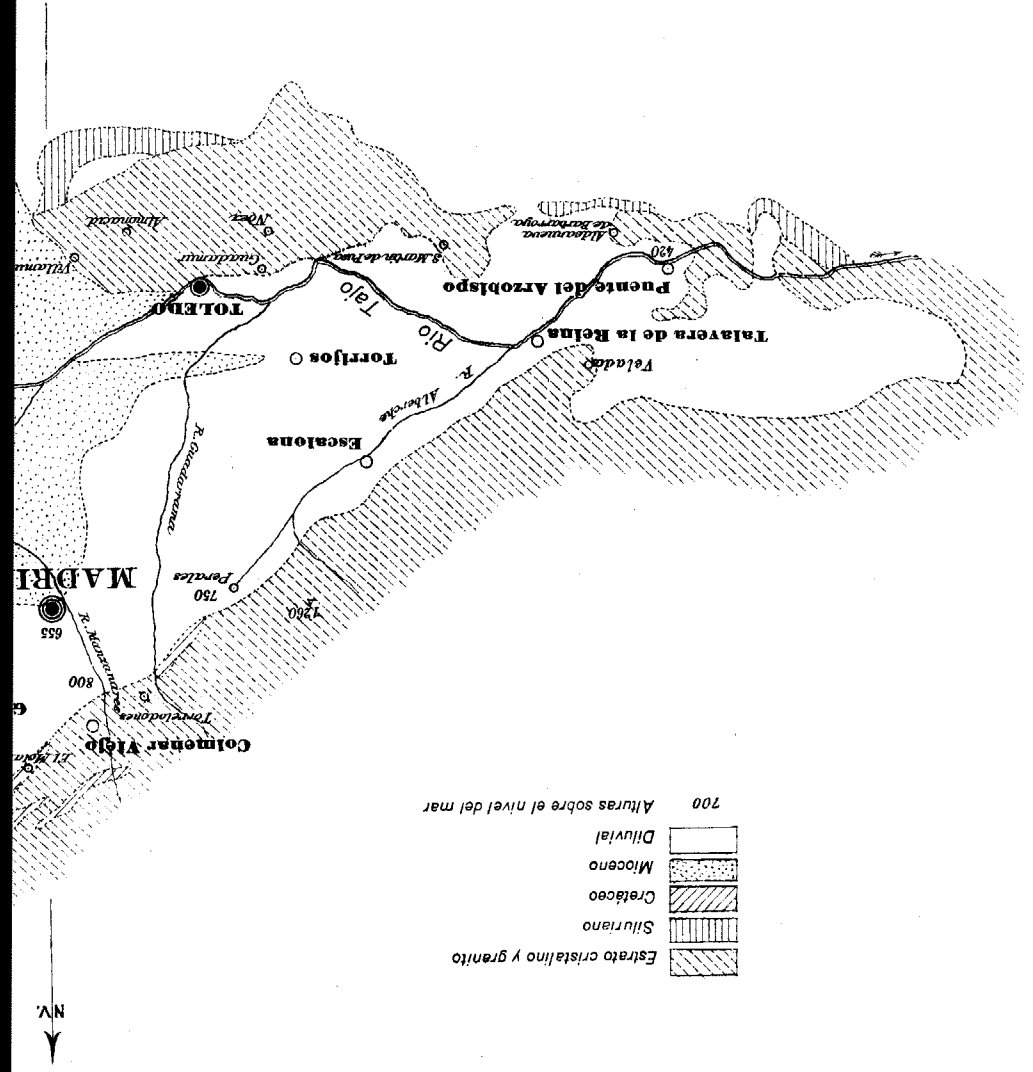
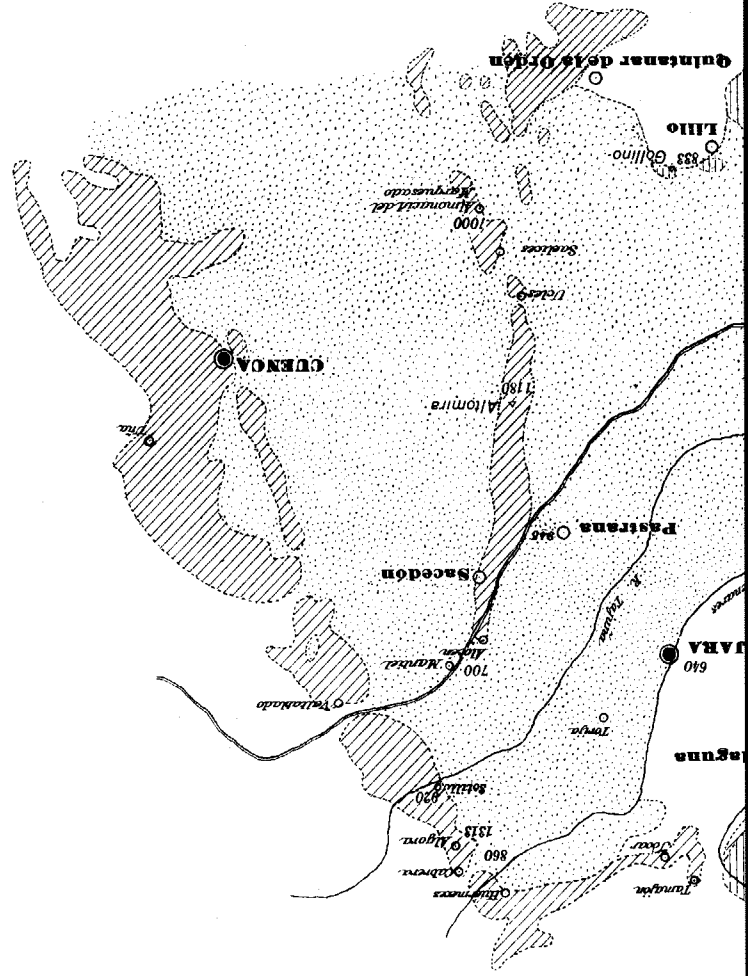
**PROCEDIMIENTOS MAGNÉTICOS DE PROSPECCIÓN**





ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS  
CUENCA DEL TAJO  
PROVINCIA DE GADALAJARA

ESCALA 1:1.500.000



- 200 Alturas sobre el nivel del mar
- Diluvial
- Mioceno
- Cretaceo
- Siluriano
- Estroto cristalino y granito





# GEOFÍSICA APLICADA

## PROCEDIMIENTOS MAGNÉTICOS DE PROSPECCIÓN

---

### PRÓLOGO

Han tomado ya tanto incremento los métodos geofísicos de investigación subterránea, que para nadie constituye un secreto su existencia. Hasta el presente existen una porción de monografías y trabajos, la casi totalidad extranjeros, en los que con mayor o menor extensión y detalle se enumeran, rozando apenas su fundamento y descripción práctica. Esta ambigüedad, en la mayoría de los casos intencionada, para evitar la competencia industrial y conservar de cierto modo el secreto de las patentes, ocasionaba que el lector quedara siempre lleno de dudas y se viese luego en la imposibilidad de, si se le presentase ocasión, empezar por sí mismo la práctica de ellos.

En todos estos trabajos que han visto la luz, procedentes la mayor parte de las mismas y escasas fuentes, se repiten hasta la saciedad los mismos ejemplos, siendo raro el que aporta un caso nuevo. Solamente con ocasión del reciente Congreso Geológico Internacional, se han dado a conocer algunos, muy contados, de verdadero interés y la mejor obra de Geofísica debida al Dr. R. Ambronn y titulada «Methoden der Angewandten Geophysik».

En lo que a España se refiere, puede decirse, salvando

todas las consideraciones debidas a sus autores, que lo único definitivo y de probada utilidad publicado sobre métodos geofísicos, es el folleto relativo a la balanza de torsión del Ingeniero Geógrafo D. Guillermo Sans Huelin titulado, «La balanza de torsión Eötvös-Schweydar y sus aplicaciones», siendo las demás publicaciones pequeños artículos o trabajos de divulgación que no penetran en el fondo de la materia ni llevan a ninguna enseñanza práctica.

Por todo lo dicho, desde que en el Instituto Geológico se implantó tan importante servicio, era mi propósito, siguiendo la norma observada siempre en este Centro, dar a conocer con toda amplitud y claridad posibles y sin la menor reserva, el fundamento y práctica de tales procedimientos, cuyo dominio, que ya se ha adquirido sobre dos de ellos, se hará en breve extensivo a los demás.

Por la razón antes apuntada, considero inútil volver sobre la descripción y fundamento del método gravimétrico, pues nada podría decir que superase al trabajo del señor Sans Huelin. Sólo la experiencia de los trabajos prácticos de campo que se vayan ejecutando, nos irá enseñando y perfeccionando en la difícil labor de la interpretación de resultados. Voy a referirme a continuación al segundo método que el Instituto Geológico ha practicado ya, que es el Procedimiento magnético.

## PROCEDIMIENTO MAGNÉTICO DE INVESTIGACIONES SUBTERRÁNEAS

Este procedimiento está basado en las perturbaciones o anomalías que en el campo magnético terrestre pueden producir masas ocultas, sólidas o líquidas, que por su mayor o menor permeabilidad magnética, contribuyan a aumentar o disminuir, respectivamente, la intensidad del citado campo, en el punto de la observación.

El procedimiento, se reduce pues, en síntesis, a comparar los valores encontrados para las intensidades magnéticas en los diferentes puntos de observación, con los valores normales que deberían tener en cada uno de ellos y deducir las anomalías que por exceso o defecto acusen dichos valores. Una anomalía por exceso señalaría la presencia en el subsuelo de una masa de mayor permeabilidad magnética que el resto del terreno que la rodea y al contrario, una anomalía por defecto, revelaría la existencia de otra de menor permeabilidad.

Parece desprenderse de lo dicho, que sea indispensable conocer el valor normal de la intensidad del campo magnético en los diferentes puntos observados, pero, aunque existe la manera de llegar a dicho conocimiento, cuando se trata exclusivamente de estudios de investigación subterránea, es suficiente operar por comparación con un va-



lor base fijo cualquiera, buscando diferencias con este valor base. Por el primer procedimiento se harían mediciones absolutas y por el segundo serían solamente relativas. Daremos una ligera idea del primero, para llegar a comprender más fácilmente el segundo, del que nos ocuparemos con más detalle.

Sabido es que la tierra, se considera como un imán único con un polo N. y otro S. no coincidentes con los geográficos.

El polo N. de una aguja imantada y libremente suspendida es atraído por el N. terrestre y en cambio éste repele al polo S. de la aguja que es atraído por el S. terrestre. Cuanto más cerca estemos de un polo, tanto mayor será su atracción sobre uno de los extremos de la aguja (1) disminuyendo en cambio la influencia del polo más lejano, por consiguiente, en el ecuador magnético, ambas acciones se compensarán y la aguja permanecerá en equilibrio en posición horizontal y formando un cierto ángulo con la línea de dirección N.-S. geográficos.

Fuera de esta posición de equilibrio, la aguja, como hemos dicho, se dirigirá hacia uno de los polos (el N. en nuestro hemisferio) y tomará una posición inclinada formando un cierto ángulo con el plano horizontal de observación. La intensidad de la fuerza que actúa sobre la aguja, se llama *intensidad total*; el ángulo que forma con el horizonte *inclinación* (medido en un plano vertical) y el que forma con el meridiano astronómico *declinación* (medido en un plano horizontal).

La *intensidad total*  $F$ , se puede descomponer en sus dos

(1) La acción atractiva es proporcional a la masa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

componentes *vertical*  $Z$  y *horizontal*  $H$ , obteniendo así las que se llaman:

*intensidad vertical e intensidad horizontal.*

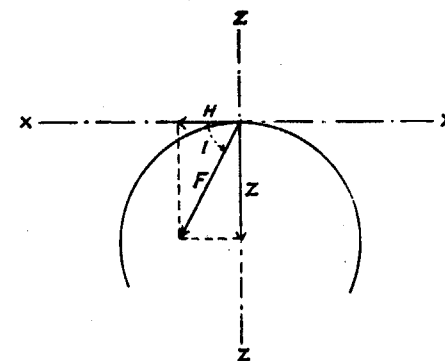
A medida que se aproxima uno a los polos magnéticos, la componente vertical va aumentando y la horizontal, por el contrario, disminuyendo. Por consiguiente en el ecuador magnético la componente vertical es nula y en los polos, lo es la horizontal.

Conociendo la declinación, se pueden

seguir dos caminos para hallar la intensidad total  $F$ , a saber:

Medir la componente horizontal  $H$  y el ángulo de inclinación  $I$ , o bien, medir las dos componentes horizontal  $H$  y vertical  $Z$ . El primero se sigue con el método de las mediciones absolutas y el segundo, con el de las relativas y en los observatorios.

**Mediciones absolutas.**—De dos órdenes son los aparatos necesarios, correspondiendo a las dos clases de observaciones precisas para la determinación buscada: los fijos de observatorio y los móviles de campo. Existen para ambos casos, diversos modelos de declinómetros, varióme-



*El plano de la figura es el vertical que contiene al meridiano magnético.*

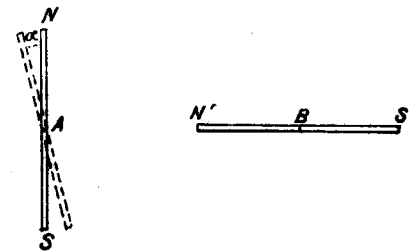
tros, magnetómetros y teodolitos magnéticos para la determinación de la declinación y componente horizontal, así como de inclinómetros e inductores para hallar la inclinación, variando sus condiciones y construcción para hacerlos adecuados a la clase de trabajo que han de realizar, pero no es nuestro propósito describirlos aquí y sí solo, hacerlo someramente de la teoría y fundamento de las mediciones, especialmente de las de campo.

1.º **Declinación.**—Puede determinarse trazando una meridiana geográfica y midiendo el ángulo que forma ésta con la aguja magnética, procedimiento poco práctico, o bien, determinando el azimut de uno o dos puntos y por suma o diferencia el de la aguja magnética, o sea, la declinación.

2.º **Inclinación.**—Dos procedimientos existen para hallar el ángulo de inclinación. El primero consiste en el empleo de un aparato cualquiera de medición directa (inclinómetros de agujas, brújulas, o círculo de inclinación) en los que se monta una aguja imantada, que se mueve libremente en sentido vertical, delante de un limbo en el cual se hacen las lecturas, y el segundo más moderno y más preciso, utiliza los inclinómetros llamados de rotación, aparatos de inducción que hasta ahora sólo se habían utilizado en los observatorios pero que ya se empiezan a construir para su uso en el campo. Su teoría es la siguiente: al cortar oblicuamente las líneas de fuerza del campo magnético terrestre a un circuito cualquiera, que puede ser una bobina convenientemente suspendida para que pueda moverse en todos sentidos, se origina una corriente inducida, cuya intensidad, que acusa un galvanómetro, será proporcional a la variación del flujo de fuer-

za que aquel abarca, anulándose cuando el eje de la bobina se coloque en la misma dirección que las líneas de fuerza del campo. Por consiguiente, si una vez colocado el eje de la bobina en el meridiano magnético, se le imprime un movimiento dentro de ese plano, cuando se acierte con esa única posición de coincidencia, el galvanómetro no acusará corriente ninguna y la inclinación magnética vendrá dada por la de dicho eje leída en el círculo vertical del aparato.

3.º **Componente horizontal.**—El procedimiento de observación determina directamente el cociente de la componente buscada y el momento magnético del imán utilizado, en función del ángulo de desviación que un imán suspendido y que puede girar libremente, forma consigo mismo, según esté o nó sometido a la influencia de otro deflector, cuyo momento magnético y distancia conocemos. En efecto:



Sea A el imán del aparato que se utiliza y que suspendido horizontalmente se orientará según la dirección N.-S. magnética. Si le acercamos un imán deflector B en la posición que presenta la figura (que se llama 1.ª posición principal de

Gauss, a quien se debe el procedimiento) N será repelido por N' que atraerá a S, pero al mismo tiempo aunque con intensidad menor por la mayor distancia, N será atraído



por S' que repelerá a S. Existe además, como acción primordial la del magnetismo terrestre que se manifestará, en este caso, solamente por su componente horizontal y que tenderá a hacer recobrar al imán A su primitiva posición, pero prevalecerá sobre todas la mayor y primera acción, que obligará al imán A a desviarse tomando una posición que forme con la inicial un cierto ángulo  $\alpha$ , que es función de la intensidad horizontal H del magnetismo terrestre y del momento magnético M del imán B deflector, es decir que podemos establecer que

$$\alpha = \frac{H}{M}$$

De este modo se hicieron en un principio las primeras observaciones sin tener en cuenta la influencia que la gravedad ejercía en el movimiento del imán A, tendiendo a entorpecerlo. Para introducir la corrección correspondiente, es preciso conocer la intensidad de esta fuerza en el sitio que se opera y esto se consigue midiendo la duración de la oscilación T del imán A cuando se le pone en movimiento acercándole un cuerpo magnético cualquiera, por ejemplo, una varilla de hierro.

Aplicando a este caso la ecuación del péndulo, resulta  $T = HM$  y por lo tanto

$$\alpha T = \frac{H}{M} \quad T = \frac{H}{M} \quad HM = H^2, \text{ o } H = \sqrt{\alpha T}$$

Con lo descripto queda expuesta muy ligeramente la teoría del procedimiento que determina la intensidad total en las mediciones absolutas, pero en la práctica, es preciso, además de repetir muchas veces todas las lecturas y observaciones que se hagan para deducir un valor medio, introducir una serie de correcciones debidas a la colimación, torsión de los hilos de suspensión, inducción terrestre, amplitud de las oscilaciones, influencia de la

temperatura, desigual distribución del magnetismo en las barras empleadas en la observación, variaciones del magnetismo terrestre durante el tiempo en ellas empleado, variación o marcha del cronómetro utilizado durante ese mismo lapso de tiempo, etc. etc. Todas estas correcciones dan lugar a largos y complicados cálculos.

**Mediciones relativas.**—Por el método de las mediciones relativas se determina, como antes hemos dicho, las componentes horizontal y vertical de la intensidad, siendo preciso también medir el valor de la declinación si se quiere llegar a conocer la magnitud y dirección de la fuerza magnética correspondiente al lugar de la observación. Esto se hace innecesario en este caso, que lo único que se busca son diferencias de fuerza magnética y se opera en el meridiano magnético del lugar, orientando el aparato, como luego veremos, de modo que el eje de giro de los imanes queda perpendicular al plano de dicho meridiano. En este procedimiento, se miden separadamente las dos componentes empleando un variómetro para cada una de ellas y pudiendo bastar cualquiera de las dos para encontrar esas diferencias de intensidad relativas que se persiguen, ya que de sus variaciones dependerá la de la intensidad total. Según los casos puede resultar más adecuada una que otra, por lo general la vertical para observaciones de detalle, pero lo más conveniente y seguro es medir las dos en cada punto. Es tan cierto esto, que hasta hace muy poco tiempo el inventor de estos aparatos Ad. Schmidt sólo había construído un variómetro para medir la intensidad vertical y el primero que construyó, para la horizontal, fué el adquirido por el Instituto Geográfico.

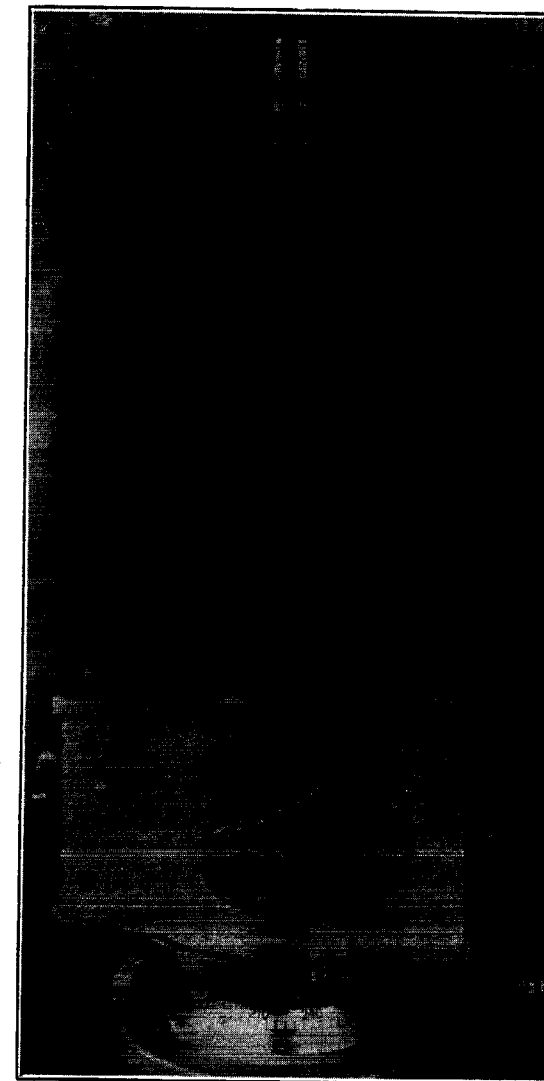
El Instituto Geológico ha adquirido además de estos aparatos un equipo completo para observatorio de campo

sumamente práctico y que permitirá trabajar con gran independencia y seguridad, siendo el trabajo presentado en el Congreso, sobre «Investigaciones Geofísicas en la Cuenca Potásica de Cataluña» el primero de esta naturaleza en el que se han medido las dos intensidades, horizontal y vertical en cada estación.

**Descripción.**—Los dos variómetros son idénticos; no existe más diferencia entre ellos que la posición del imán, que en el variómetro vertical está colocado horizontalmente y en el de componente horizontal lo está verticalmente. Por esta razón describiré solamente con algún detalle el primero y para esta descripción me referiré a las fotografías adjuntas en las que se han numerado las diferentes partes componentes a que se alude en ella.

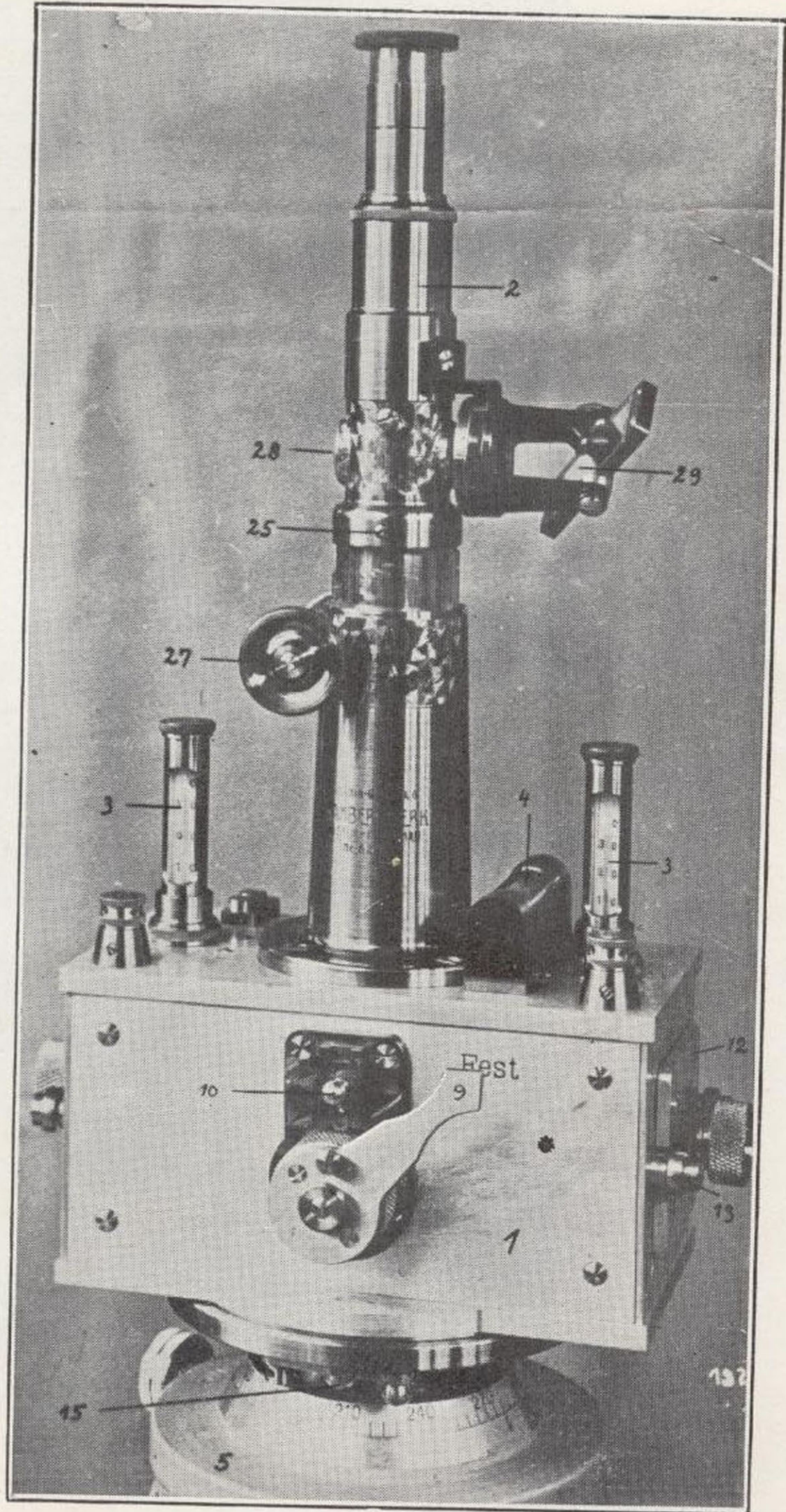
En una caja rectangular de dobles paredes con relleno intermedio de corcho (1), se encuentra el imán, que es doble, montado sobre unos cuchillos de cuarzo (18, 19) que descansan sobre los apoyos (7) del mismo material y de superficie cilíndrica, para que el contacto sólo se efectúe en un punto. El imán se encuentra pues en posición horizontal quedando los extremos de las dos láminas que lo forman comprendidos en el interior de las cuatro horquillas (11), que sirven para atenuar el movimiento oscilatorio al producirse las corrientes de Foucault según se explica en física elemental. Con esta disposición y la de sus apoyos, sólo se le permite un movimiento de oscilación en su plano vertical.

En el centro de la caja superior del imán se ha fijado un espejo (20) en cuya vertical sale de la caja un anteojo (2) con ocular de Gauss, provisto de una escala. La imagen de esta escala reflejada en el espejo, vuelve al ojo del observador, de modo que en realidad lo que éste ve son



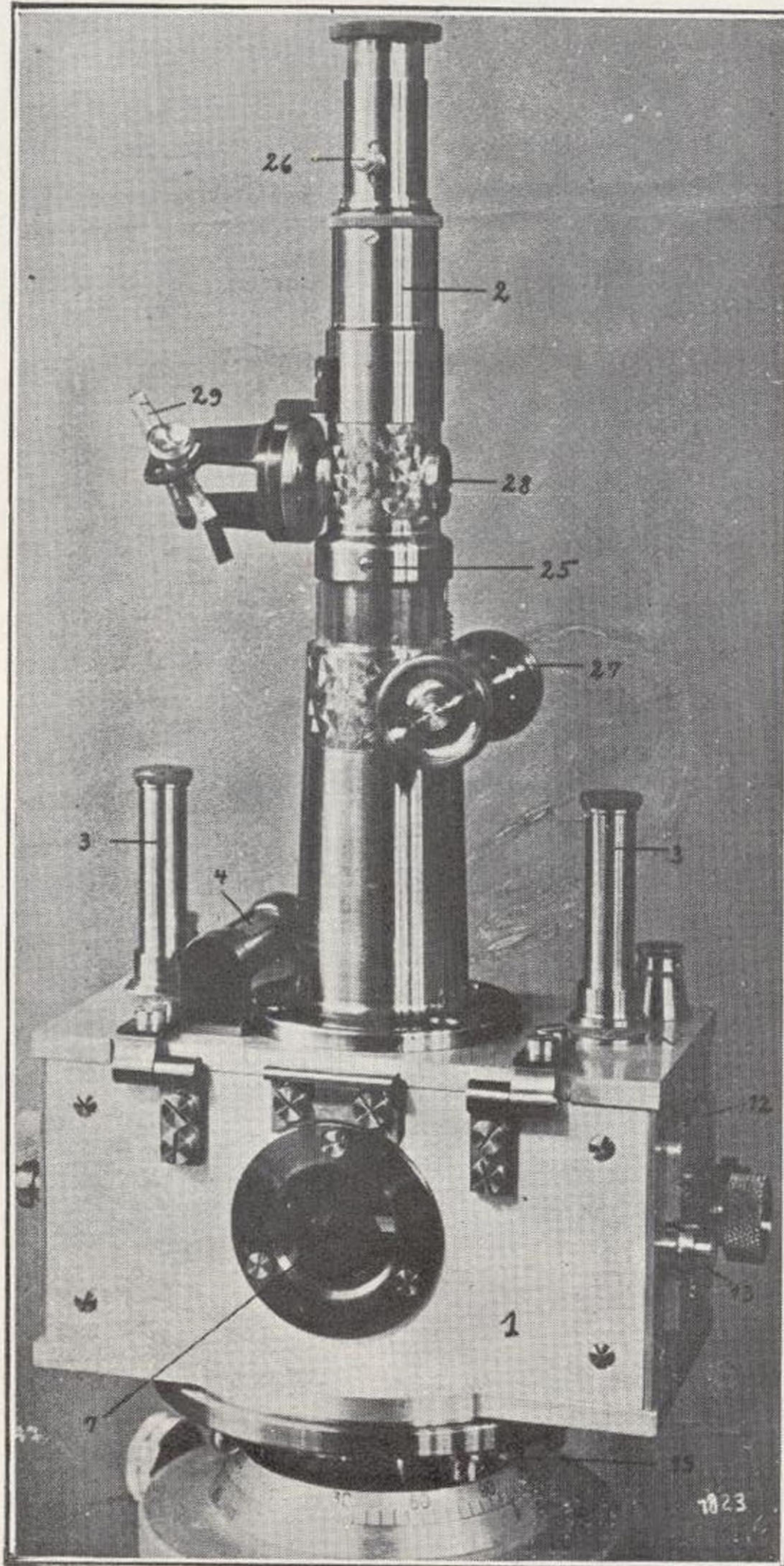
Variómetro de componente vertical. Vista de frente.





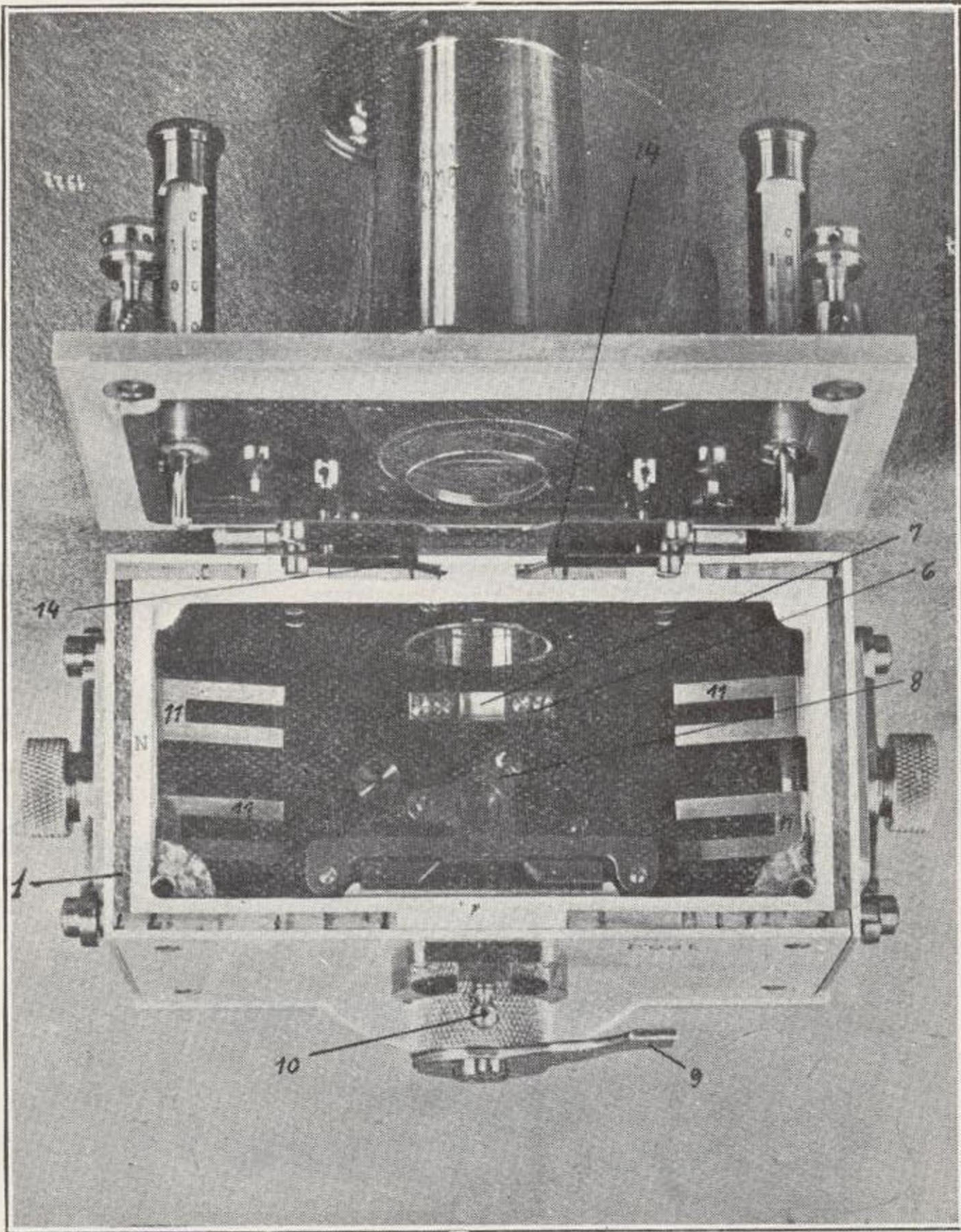
Variómetro de componente vertical. Vista de frente.





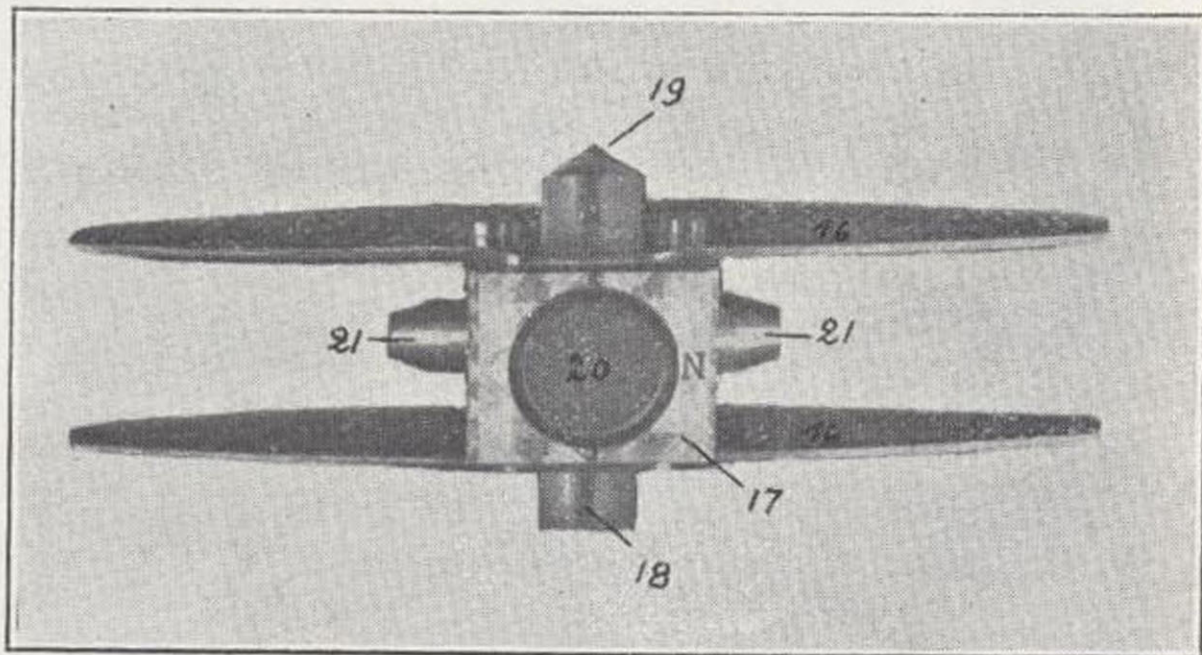
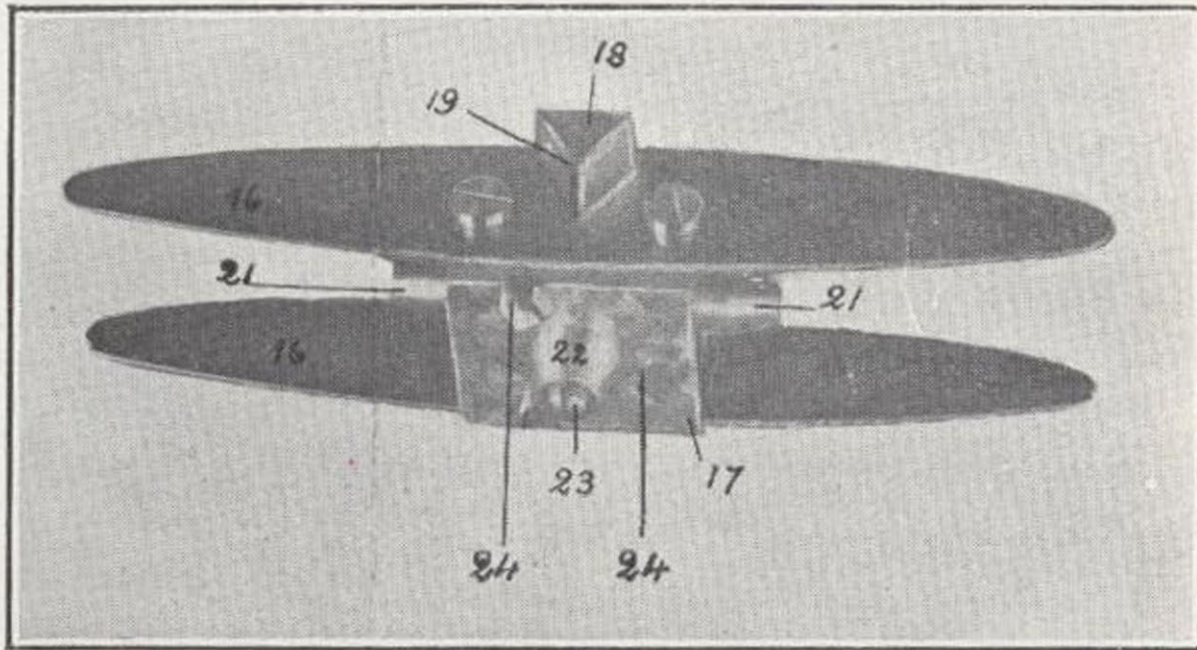
Vista posterior del variómetro de componente vertical.





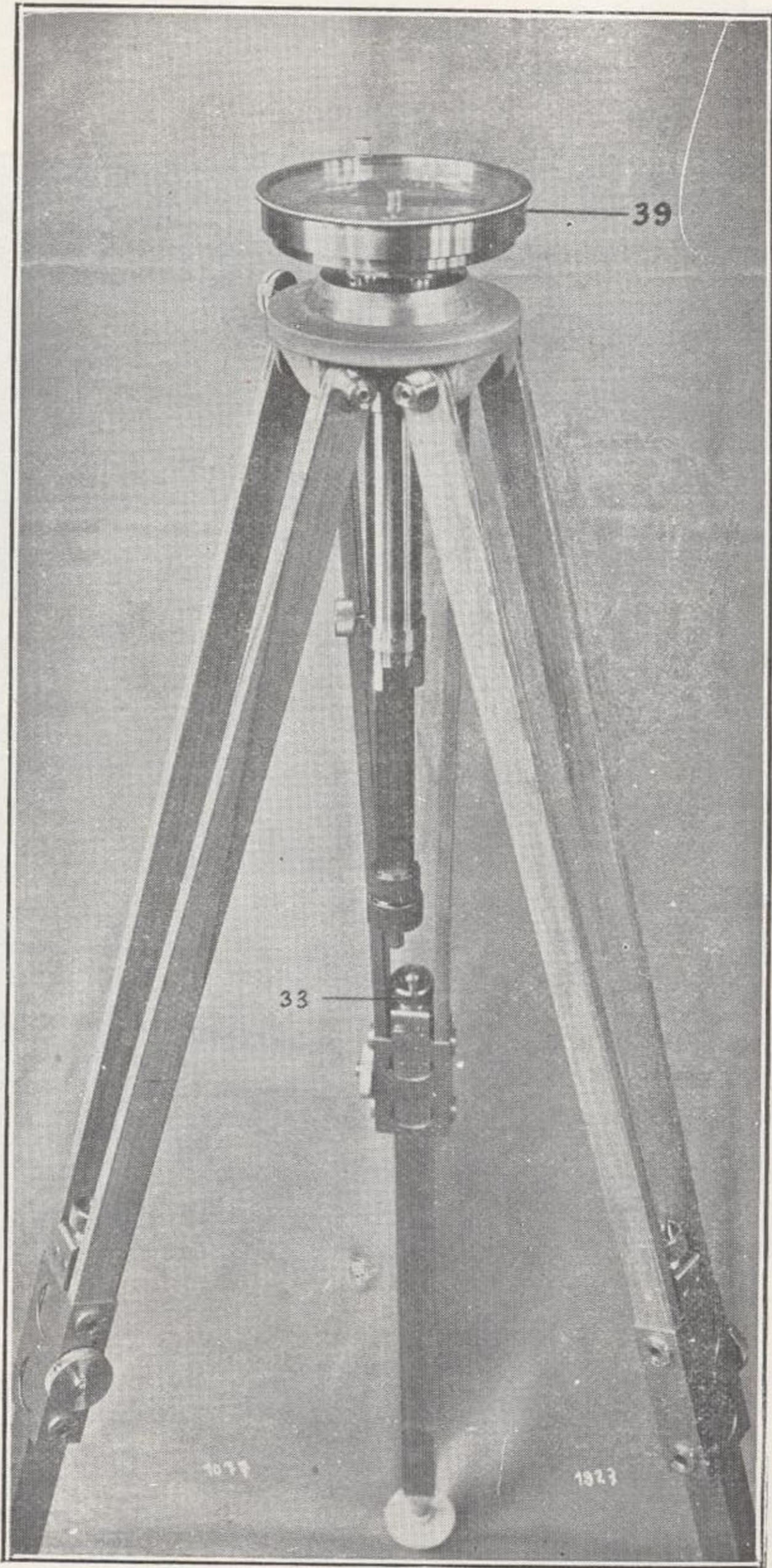
Vista interior del variómetro de componente vertical.





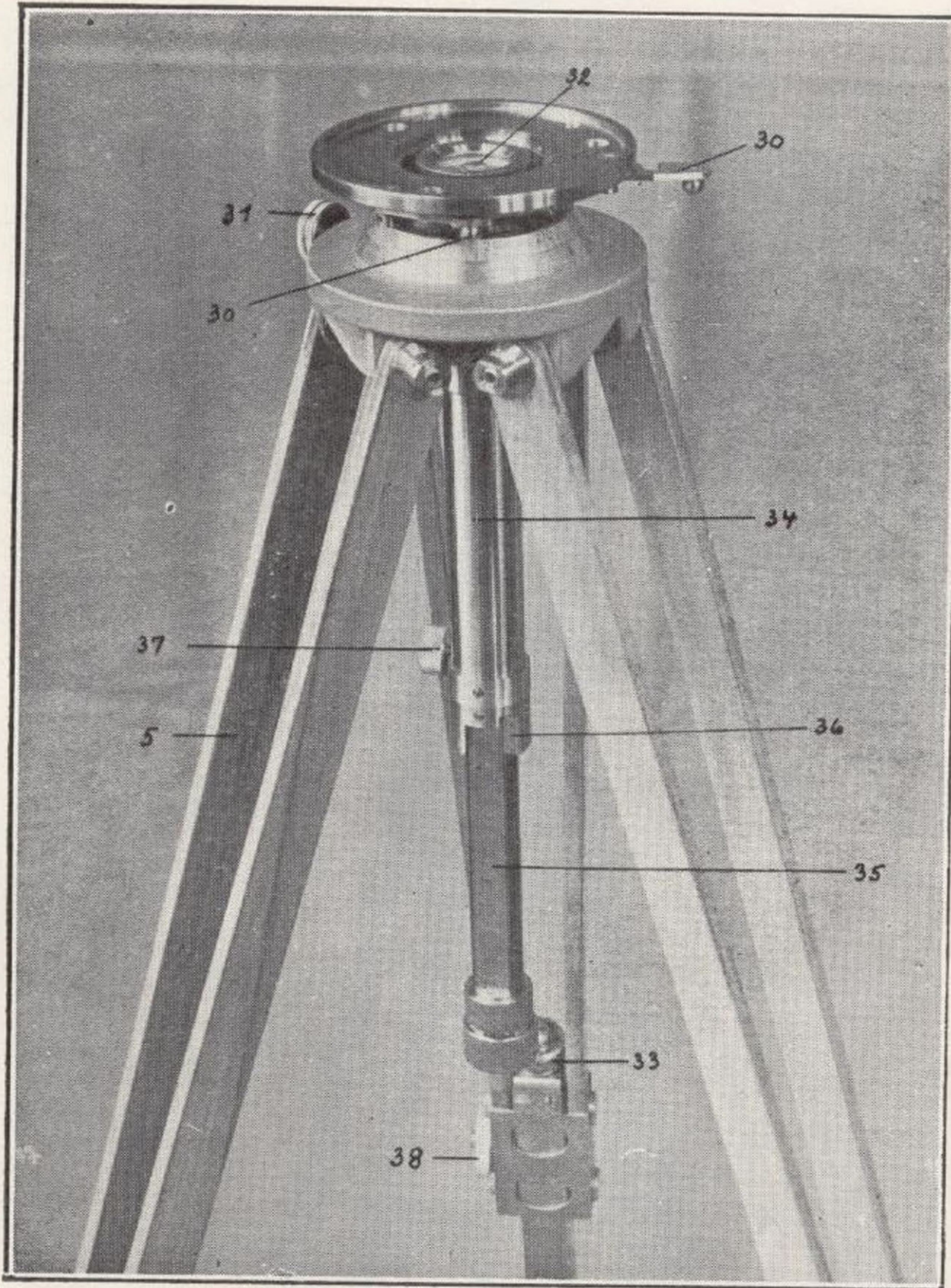
Vista del imán por ambas caras





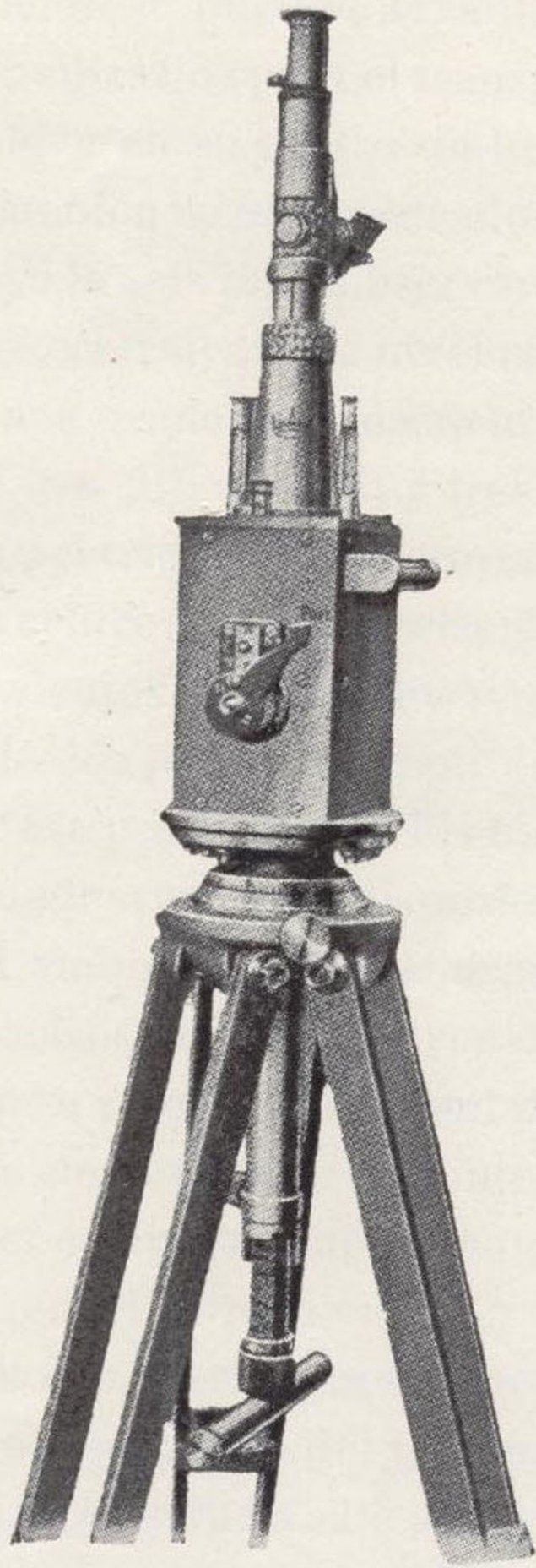
Vista del trípode con la brújula puesta.





Vista del trípode.





Vista de conjunto del variómetro de componente horizontal  
montado en su trípode.

las dos escalas superpuestas, una fija y otra que cambia de posición al variar la del espejo fijo en los imanes. Por medio de dos caballetes se pueden levantar los imanes de sus apoyos e inmovilizarlos para el transporte. Este sistema de caballetes lleva en su centro un hueco donde se aloja en cono (22). También se han colocado dos termómetros (3) que atraviesan la caja para observar la temperatura de su interior, y exteriormente un nivel (4). Todo el aparato va montado en una peana que se sujeta a otra (5), que lleva el trípode, por tres pibotes (15) y tres grapas a presión (30). Esta peana del trípode es giratoria y tiene un nivel de burbuja en su centro (32). Su nivelación se consigue por tres tornillos nivelantes (33) situados uno en cada pata del trípode, que son de dos piezas susceptibles de resbalar una sobre otra, fijándose por medio de los tornillos (38). En la figura adjunta puede verse la disposición del imán con su espejo (20). A ambos lados de la armadura central existen dos conos macizos (21), que sirven de contrapeso, y que variando su masa se consigue desplazar hacia uno u otro lado la imagen de la escala, con objeto de que caiga siempre dentro del campo visual del anteojo.

Resulta pues, que en el movimiento de oscilación de los imanes concurren dos fuerzas, la magnética y la de la gravedad. La primera, impulsora del movimiento y la segunda que obra como resistencia. De estas dos fuerzas, claro es, que la de la gravedad es mucho mayor y que si se pudieran hacer actuar cada una en un brazo de una balanza, de brazos iguales, ésta anularía casi a la magnética; pero, por la disposición del cuerpo de los imanes, el resultado es como si se tratara de una balanza de brazos muy desiguales, correspondiendo el mayor al lado en que actuaría la fuerza magnética y el menor para la de gravedad. De esta manera, aunque la fuerza sea mucho menor, el



efecto es mucho mayor, tanto más cuanto mayor sea la diferencia entre la longitud de esos dos brazos, lo que equivale en definitiva a aumentar la sensibilidad del aparato.

**Modo de operar.**—Para efectuar una medición, lo primero que hay que tener presente es que el punto elegido quede convenientemente alejado de edificios, vías de ferrocarril, conducciones de corrientes eléctricas, tuberías, etc. así como de separar a 10 metros todos los objetos de hierro que el observador lleve consigo. Puesto el trípode en estación y nivelada su cabeza se coloca sobre ella una brújula (39), leyendo la graduación correspondiente al meridiano magnético en el limbo graduado que lleva la cabeza del trípode. Se quita la brújula y se coloca el aparato, nivelándolo escrupulosamente, para orientarlo luego y fijarlo por medio del tornillo (31) en la posición de dicho meridiano. El eje del imán quedará, por lo tanto, perpendicular al plano del meridiano magnético.

Se suelta el mecanismo de detención del imán levantando el pestillo (10) y haciendo girar la palanca (9) hacia la izquierda y después de esperar un rato para que las oscilaciones hayan cesado se observa por el antejo la posición que ocupa el trazo inicial de la escala móvil sobre la fija, observación que se repite varias veces para tomar luego un promedio, anotándose también la hora y temperatura del principio y fin de las observaciones. Claro está que antes de cada lectura hay que levantar ligeramente el imán de sus apoyos y dejarlo caer de nuevo. Se repite después toda la observación en una posición simétrica de la primera para lo que se hace girar  $180^\circ$  el aparato, tomando de nuevo las horas y temperaturas. Con esto queda terminada la observación de la componente Z. La de H, se efectúa de modo análogo, con la sola diferencia

de que por la índole especial del aparato sólo se puede observar en una posición del mismo.

Para mejor comprender todo el proceso de una observación completa y el cálculo posterior hasta encontrar las cifras que dan las intensidades en la unidad correspondiente que es la  $\gamma$  ( $1\gamma = 0,00001$  c. g. s.) pondremos un ejemplo, tomando los datos de una de las estaciones hechas en el estudio efectuado en la cuenca salina de Cataluña, antes citado y presentado en el Congreso Geológico Internacional.

Las constantes de estos aparatos son:

Variómetro Z (vertical)

$\alpha_z$  (coeficiente de temperatura del imán) = +0,67 es decir que, +0,67 es la variación en divisiones de la escala correspondiente a una variación de  $1^\circ$  en la temperatura.

$\epsilon_z$  (sensibilidad del aparato) = 21,7  $\gamma$  es decir que, a cada división de la escala corresponde 21,7  $\gamma$ .

Variómetro H (horizontal)

$\alpha_H = 0,159$   $\epsilon_H = 61,8$

Estas constantes se determinan en el observatorio por procedimientos en cuyo detalle no es necesario entrar y conviene comprobarlas con cierta frecuencia, siendo lo más conveniente, hacerlo antes y después de efectuado un trabajo, porque si en el curso de él hubiesen sufrido variación, se precisa aplicar las correcciones necesarias.

Se elige después en la zona de trabajo o en sus proximidades, una estación base que sirva de referencia a todo el trabajo y con la que se compararán los valores obtenidos en todas las demás, para deducir las diferencias relativas o anomalías que éstas acusan en relación con la primera y, además, para utilizarla como punto de partida y de cierre para las que se observen cada día, con objeto de com-

probar si el aparato, debido a trepidaciones u otras causas, ha variado de estado en el día. Aparte de esta comprobación, conviene repetir cada día la última estación observada el anterior, para enlazar así todo el trabajo. Luego hablaremos de estas variaciones o cambios de estado posibles de los aparatos y de la manera de compensarlos.

Estamos en la estación base, hemos hecho ya todas las operaciones de montaje y orientación que quedan reseñadas y empezamos las lecturas:

#### VARIÓMETRO Z

1. <sup>a</sup> posición; en el meridiano magnético.	2. <sup>a</sup> posición; a 180° del meridiano magnético.
--	---

(hora)  $h=9$  h 2 m

(temp.<sup>a</sup>)  $t=9^{\circ}$

$S_1$
43,3
43,8
44,5
44,5
44,7
44,8
44,8
-----
$t=8^{\circ},5$

$t=8^{\circ},4$

$S_2$
45,2
45,3
45,7
45,7
45,7
45,8
45,8
-----
$t=8^{\circ},0$

$h=9$  h, 8 m

#### VARIÓMETRO H

Posición única;  
en el meridiano magnético.

$h=9$  h 22 m, 5

$t=8^{\circ},0$

$S_3$

26,2

26,2

26,1

26,1

26,1

$h=9$  h 25 m

$t=7^{\circ},8$

El número de lecturas a hacer en cada observación es arbitrario, pero no suelen pasar de seis, habiendo nosotros adoptado el número de cinco para simplificar los cálculos. Ahora bien; para obtener una serie de cinco lecturas que sean comparables y adoptar como bueno su término medio, es conveniente que la diferencia máxima entre ellos no sea superior a 0,2 o 0,3 de división, debiendo en caso contrario repetirse hasta obtener cinco lecturas en esas condiciones. Debido a esto, se observará que con el variómetro Z, en las dos posiciones, se hicieron siete, desechando luego las dos primeras.

Estas diferencias sensibles de una lectura a otra, como las que se acusan entre las dos primeras y las demás, pueden obedecer, o a que los imanes no han tomado sobre los apoyos la postura definitiva y conveniente, por cualquier razón muy difícil de precisar en aparatos de tal delicadeza y sensibilidad, o, lo que es más corriente, a va-



riaciones de temperatura, como ha ocurrido, sin duda, en este ejemplo. Puede suceder que al cabo de dos o tres lecturas en falso, la temperatura se estacione y pueda ya obtenerse la serie de cinco comparables, pero también ocurre, que por haber estado los aparatos sometidos a un temperatura muy distinta de la del ambiente, se lleguen a hacer 10 y más lecturas que varían constantemente siguiendo una marcha ascendente o descendente. En casos así, lo mejor para no tener resultados falseados, es esperar el tiempo suficiente para que los imanes adopten la temperatura ambiente. Entonces, por lo general, si se han observado todas las precauciones debidas al elegir el punto de estación y montar el aparato, se obtendrán ya lecturas cuyas diferencias entre sí sean admisibles, a no ser que existan grandes perturbaciones del magnetismo terrestre, (tormentas magnéticas) fenómeno imposible de conocer hasta que el observatorio haya proporcionado los datos de las variaciones diurnas y contra cuyos efectos nada se puede hacer en el campo, corrigiéndose a *posteriori* en los cálculos. Precisamente para proceder a estas correcciones de las variaciones diurnas del magnetismo terrestre, es por lo que se toman las horas exactas de las observaciones.

**Cálculos.**—Como lo que se busca en todo procedimiento de mediciones relativas son diferencias de unas observaciones a otras, para comparar las temperaturas entre sí (lo mismo que luego se hará con las lecturas de la escala), lo más práctico es adoptar una temperatura base que esté comprendida entre todas las observadas, y referirlas a ella conservando las diferencias de cada temperatura media, a la adoptada para base con su signo, lo que nos dará el incremento de temperatura para cada estación. Adop-

tando la temperatura de  $10^{\circ}$  como base para el caso de nuestro ejemplo, tendremos:

$$\text{Hora media} = (9^h, 2 + 9^h, 8) : 2 = 9^h, 5.$$

$$\text{Temperatura media} = t_m = t_p \text{ (temperatura inicial) } + t_f \text{ (temperatura final): } 2 = (9^{\circ} + 8^{\circ}, 5) : 2 = 8^{\circ}, 75.$$

$$\text{Temperatura base} = t_b = 10^{\circ}.$$

$$t_m - t_b = 8^{\circ}, 75 - 10^{\circ} = -1^{\circ}, 25 = \Delta_t$$

valor, que multiplicado por el coeficiente de temperatura del imán, nos da la corrección de temperatura:

$$\alpha_z \times \Delta_t = +0,67 \times -1,25 = -0,8375$$

$$\text{Promedio de las lecturas } \left. \begin{array}{l} S_1 = 44,66 \\ S_2 = 45,74 \end{array} \right\} S_1 + S_2 = 90,40$$

y por lo tanto,  $S_m = 45,20$ .

y aplicando a este valor la corrección de temperatura, tendremos:

$$S_c \text{ (S corregida)} = 45,20 - 0,8375 = 44,36$$

Por la razón antes indicada, adoptaremos ahora una base para los valores S, procurando sea menor que todos los encontrados, para evitarnos signos negativos. Tomando, por ejemplo,  $S_b = 40,00$  y restando esta cifra de la anteriormente encontrada  $S_c = 44,36$  obtendremos un valor que multiplicado por el coeficiente de sensibilidad de aparato, nos dará, ya en  $\gamma$ , la intensidad relativa de la componente vertical del campo en ese punto, que es

$$44,36 - 40 = 4,36 \times 21,7 = 95 \gamma, \text{ en números redondos.}$$

A esta cifra es a la que hay que aplicar, por fin, la corrección de la variación diurna dada por el observatorio, que consiste en sumar o restar el número de  $\gamma$  que acuse el observatorio como variación en defecto o exceso de la intensidad vertical del magnetismo terrestre con relación a un valor arbitrario tomado como base, en el mismo día y hora precisa de la observación, para obtener en definitiva la verdadera intensidad relativa de la componente

vertical del campo magnético en dicho punto. Se precisa después calcular la intensidad teórica que corresponde a este punto de la Tierra supuesta homogénea, para llegar por diferencia a conocer la anomalía que presenta.

Supongamos hechas en el día, seis estaciones más, cada una 2 kms. al N. M. de la anterior y que volvemos a la base para cerrar y obtenemos un valor que no difiere gran cosa del anterior; el aparato no habrá sufrido lógicamente variación de estado importante y esa diferencia puede achacarse muy bien a la variación misma del magnetismo, que no se conoce en el campo, a menos de contar con un observatorio portátil. Pero supongamos ahora, que entre los valores de las dos estaciones hechas en la base existe una diferencia considerable, entonces no cabe duda que ha habido cambio de estado en el aparato, debido, en el noventa por ciento de los casos, a trepidaciones.

El problema que se presenta, es tratar de averiguar entre qué estaciones ha dado el aparato el salto, para llegar a precisar cual de los dos valores hallados para la base es el verdadero, y si esto no es posible, ya sólo la práctica, intuición y el conocimiento perfecto de la teoría y el aparato, pueden aconsejar al observador elegir el sistema de corrección más adecuado a aplicar entre los varios que hay para esta clase de cálculos.

Vamos a suponer ahora que hechas todas las correcciones llegamos a los siguientes valores definitivos para la base y las seis estaciones del día:

B)	95 $\gamma$
1)	109 $\gamma$
2)	116 $\gamma$
3)	100 $\gamma$
4)	101 $\gamma$
5)	147 $\gamma$
6)	170 $\gamma$



Restando el valor de la base de los de cada una de las seis estaciones, obtendremos para los incrementos respectivos:

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= 14 \gamma \\ \Delta_2 &= 21 \gamma \\ \Delta_3 &= 5 \gamma \\ \Delta_4 &= 6 \gamma \\ \Delta_5 &= 52 \gamma \\ \Delta_6 &= 75 \gamma\end{aligned}$$

Ahora bien; se recordará que, teóricamente, la intensidad vertical va creciendo a medida que se avanza hacia el N.M., y que por consiguiente este incremento teórico, que varía de unos sitios a otros, es necesario eliminarlo restándolo a los encontrados en las diferentes estaciones, con objeto de obtener el producido como consecuencia de la naturaleza del terreno o sea la anomalía en cada punto.

En la región que nos ocupa este incremento puede fijarse en 5  $\gamma$  por cada kilómetro de avance hacia el N.M. y como hemos supuesto las estaciones hechas cada una 2 kilómetros al N. M. de la anterior, de una a otra debe aumentar en 10  $\gamma$  la intensidad vertical.

Restando pues de los valores encontrados antes, los



que representen este incremento teórico obtendremos:

- 1) + 4  $\gamma$
- 2) + 1  $\gamma$
- 3) - 25  $\gamma$
- 4) - 34  $\gamma$
- 5) + 2  $\gamma$
- 6) + 15  $\gamma$

que son las diferentes anomalías para cada uno de los puntos en que se ha hecho estación.

Los valores obtenidos para las estaciones 1, 2 y 5 son tan pequeños que pueden considerarse nulos y por consiguiente deducirse que en esos puntos, la intensidad es la normal y no hay causa ninguna oculta que produzca anomalía, o lo que es igual, que el terreno es análogo al de la base. En cambio los hallados para las estaciones 3, 4 y 6 acusan una anomalía negativa en las dos primeras y una positiva en la última o sea, la existencia en las 3 y 4 de una masa oculta de menor intensidad magnética que el terreno normal de la base, y, por el contrario, la presencia en la 6 de otro de mayor intensidad. En nuestro caso podría por lo tanto afirmarse la existencia de la sal en la zona que comprende a las estaciones 3.<sup>a</sup> y 4.<sup>a</sup>. La anomalía positiva de la 6.<sup>a</sup> que es pequeña, puede ser debida a un cambio en la naturaleza o composición de la roca, por ejemplo una más fuerte impregnación de hierro u otra causa análoga.

Los cálculos para encontrar los valores de la intensidad horizontal, son exactamente iguales, pero como ya se dijo, para esta clase de experiencias los que se usan de preferencia, por reflejar mejor los resultados, son los correspondientes a la intensidad vertical.

Si una vez calculados, como queda indicado, todos los valores de la región estudiada, se colocan sobre un mapa y se trazan las líneas que unen los de igual magnitud, se obtendrá las isodinamas de la intensidad vertical, pero teniendo en cuenta que al geólogo que pretende determinar las condiciones de la estructura del subsuelo, sólo le interesa los valores de las anomalías locales, lo que se hace en la práctica es consignar los valores hallados para estas anomalías y unir los puntos que presenten los mismos valores, obteniendo entonces un sistema de líneas que serían las isanómalas de la componente vertical. Para tener una más precisa representación en curvas de la influencia de las anomalías locales, en la práctica se interpolan, entre estas curvas primeramente obtenidas, otras cuyo número dependerá del valor que se quiera fijar para cada una de ellas, de la misma manera que se fija en un plano topográfico, el nivel que corresponde a cada curva.

En resumen; es éste un procedimiento cuya utilidad y eficacia está demostrada y del que se puede esperar mucho. Tiene la ventaja de poder abarcar una extensa región en poco tiempo y con poco gasto, pero es indispensable para la fiel interpretación de las mediciones obtenidas en el campo hacer un profundo estudio geológico-tectónico, no sólo de la zona objeto de la investigación sino de la región y al geólogo que haya de hacerla, le es imprescindible tener ciertos conocimientos de magnetismo terrestre y de la naturaleza, fundamento y características especiales de los aparatos empleados. Éstos deben ser estudiados con el más minucioso cuidado antes de emprender una investigación; pues su misma gran sensibilidad es causa de que estén sometidos a numerosas influencias que el observador debe conocer y saber inter-

pretar perfectamente antes de lanzarse a dar un informe basado en una observación que muy bien pudiera ser errónea, dando origen a grandes pérdidas materiales. Jamás deberá emprenderse una investigación magnética sin que sea precedida de una exacta determinación de las constantes de los variómetros empleados, determinación que debe ser repetida inmediatamente después de terminar la investigación y a ser posible, a la mitad del curso de ella. Para efectuar esa determinación deben tomarse todas las precauciones imaginables. Cuando se piensa en la enorme influencia que un error de un milímetro en cualquiera de las posiciones principales de Gauss o de una unidad en el sistema deflector tienen para la determinación de constantes, se comprende que todo cuidado es poco en esa operación, ya que por no tenerlo, pueden falsearse los resultados y dar lugar a grandes perjuicios. Por esto, es también indispensable comprobar siempre el momento del sistema deflector antes de proceder a la determinación de constantes, así como los coeficientes de temperatura que suelen variar notablemente con el tiempo. La determinación de estos coeficientes debe ser absoluta y de ningún modo relativa.

Para cumplir un deber de conciencia, no puedo terminar estas notas sin hacer constar de la manera más categórica que un variómetro magnético cuyas constantes, coeficientes y manera de conducirse en el campo no sean exacta y familiarmente conocidos no pasa de ser un instrumento inútil, cuyas indicaciones no pueden ser tenidas en cuenta ni formar la base de ningún trabajo serio; mientras que, por el contrario, cumplidas aquellas condiciones y supuesta en el observador la necesaria práctica de observación e interpretación, el variómetro magnético es un auxiliar precioso del geólogo y del minero como ya ha de-

mostrado ampliamente la experiencia, que es el mejor maestro.

JAVIER MILÁNS DEL BOSCH  
Ingeniero de Minas.





**ÍNDICE**  
DE LAS  
MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE TOMO

**ÍNDICE**  
DE LAS  
MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE TOMO

	<u>Páginas.</u>
<b>Necrología: Orueta</b> , por D. Vicente Kindelan. . . . .	IX
<b>Prólogo</b> , por D. Vicente Kindelan. . . . .	XXXVII
<b>Cuenca de esquistos bituminosos de Ribesalbes (Castellón)</b> . . . . .	3
Estudio geológico de los criaderos, por D. Primitivo H. Sampelayo y D. Manuel Cineúnegui	3
Nota sobre algunos insectos fósiles de Ribesalbes, por D. J. Gil Collado . . . . .	89
Notas relativas a su naturaleza y a su explotación industrial, por D. Antonio Mora . . . . .	111
<b>Estudio de restos fósiles de tortugas</b> , por D. J. R. Bataller . . . . .	145
<b>Breve reseña geológica de los yacimientos manganesíferos de Huelva</b> , por D. Juan Hereza . . . . .	165
<b>La Petrografía Sideral</b> , por D. José Meseguer Pardo . . . . .	179
<b>Estudios hidrogeológicos. Cuenca del Tajo. Provincia de Guadalajara</b> , por D. Vicente Kindelan.	197
<b>Geofísica aplicada. Procedimientos magnéticos de prospección</b> , por D. Javier Miláns del Bosch.	215

**ÍNDICE DE PLANOS**

Plano geológico de Ribesalbes . . . . .	86
Plano de la mina "Concha" . . . . .	86
Plano de la cuenca neogénica del Vallés-Penedés . . . . .	160
Plano geológico de la Cuenca del Tajo. Provincia de Guadalajara . . . . .	212