

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

DATOS

PARA EL

ESTUDIO DE LA GEOLOGÍA

DE LA

PROVINCIA DE MADRID

---

CUENCA Terciaria  
DEL ALTO TAJO

---

HOJA N.º 560

**ALCALÁ DE HENARES**



MADRID

SUCESORES DE RIVADENEYRA (S. A.).—ARTES GRÁFICAS  
Paseo de San Vicente, 20

1928

R: 29.178

## PERSONAL DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

<i>Director</i> .....	Excmo. Sr. D. Luis de la Peña.
<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 y Bertrán de Lis.
—	Sr. D. Augusto de Gálvez=Cañero.
—	Sr. D. Alfonso del Valle de Lersundi.
<i>Vocal Secretario</i> .....	Sr. D. Guillermo O'Shea.
<i>Vocales</i> .....	Sr. D. Primitivo Hernández Sampelayo.
—	Sr. D. José de Gorostizaga.
—	Sr. D. José García Siñeriz.
—	Sr. D. Enrique Dupuy de Lôme.
—	Sr. D. Juan Gavala.
—	Excmo. Sr. D. Pedro de Novo y Chicarro.
—	Sr. D. Alfonso de Alvarado.
—	Sr. D. Pablo Fernández Iruegas.
—	Sr. D. Joaquín Mendizábal.
<i>Ingenieros agregados</i> .....	Sr. D. Javier Miláns del Bosch.
—	Sr. D. Enrique Rubio.
—	Sr. D. Manuel Cincúnegui.
—	Sr. D. Agustín Larragán.

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

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

# INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

## 4.<sup>a</sup> REGIÓN.—CENTRO

Jefe ..... Sr. D. Vicente Kindelan.  
Subjefe .... Sr. D. Guillermo O'Shea.  
Secretario .. Sr. D. Pablo Fernández Iruegas.

### PERSONAL AGREGADO QUE HA INTERVENIDO EN LA REDACCION DE ESTAS MEMORIAS

Sr. D. José Royo y Gómez.  
Sr. D. Laureano Menéndez Puget.

## PRÓLOGO

Al organizar los nuevos trabajos que, agrupados en orden, formarán en su día el «Mapa Geológico de España», la Dirección del Instituto Geológico y Minero dispuso que el terreno que comprende la hoja de Alcalá de Henares, núm. 560 de las que publica el Instituto Geográfico y Catastral, fuera el primero que estudiara el personal afecto a la Región cuarta o del «Centro».

Las razones que se tuvieron para elegir esa hoja fueron, entre otras, el que por cuenta del Estado se ha hecho en Alcalá de Henares un sondeo tipo en busca de aguas artesianas profundas que ha de dar a conocer la naturaleza de las rocas, su disposición, edad de los estratos que atraviesa, etc.; por lo tanto, mucho de la geología de la comarca.

Tomando como centro esa población se han hecho experiencias de investigación geofísica que dan idea de la tectónica del subsuelo en su relación con la posible existencia de una cuenca artesiana.

Además, es motivo para hacer ese estudio el hecho de que el terreno que comprende la *Hoja* está representado en el actual «Mapa Geológico de España» sólo por dos grandes manchas, una miocena y otra diluvial, salvo una

estrecha faja aluvial, y dentro de la primera se sabe que existen otras del Oligoceno, no representadas, así como que entre los sedimentos indicados como cuaternarios los hay que son francamente miocenos.

El detenido estudio del terreno en los bordes de la cuenca, en los cortes profundos y los testigos del sondeo con sus fósiles, no dejan lugar a duda acerca de la presencia del Terciario inferior.

Con ello se confirma lo que ya en el año 1864 sospechaba D. Casiano del Prado en su notable *Memoria Física y Geológica de la provincia de Madrid*, donde trata con extensión acerca de la «Probabilidad de la existencia del terreno eoceno o inferior en esta cuenca», fundado, principalmente, en datos tectónicos y estratigráficos.

Citado tan ilustre geólogo, con gusto le rendimos público testimonio de admiración y respeto, pues sólo a fuerza de estudio y de conocer al detalle el terreno que pisaba pudo hacer un trabajo tan completo y útil para Ingenieros de muy diversas especialidades.

El actual Director del Instituto Geológico y Minero de España, D. Luis de la Peña, conforme con el Vocal Sr. Kindelán, Jefe de la cuarta Región, propuso a los señores Royo y Gómez y Menéndez Puget, como colaboradores del Instituto Geológico y Minero de España, para hacer el nuevo *Mapa*.

Es D. José Royo y Gómez Profesor de Mineralogía y Geología en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, y se ha especializado en el estudio, entre otras materias, de los terrenos terciarios de España.

Entre sus notables trabajos solo citaremos, por lo fundamental, *El Mioceno continental ibérico y su fauna malacológica*, donde dedica capítulo especial a la cuenca del Tajo.

El Sr. Menéndez Puget es Ingeniero del Cuerpo de Minas, y se tuvo presente al proponerle que había de formar parte principal de esta Memoria, el estudio químico-geológico de las aguas que circulan y aparecen entre las rocas calizas y sedimentos más o menos yesosos y salinos, por lo general poco potables, utilizadas por los vecinos de los pueblos en usos domésticos y en el regadío de las tierras. Tuvo a su cargo el laboratorio químico del Instituto Geológico y, en la actualidad, presta servicios en el de la Escuela de Minas.

La dirección e inspección de los trabajos estuvo a cargo del Ingeniero Jefe de la cuarta Región.

Para exponer con fundamento y que se pueda comprender mejor lo que se dice en la Explicación de la Hoja de Alcalá de Henares y en otras que con posterioridad se publiquen, que abarcan terrenos de reducidas dimensiones superficiales en capas casi siempre horizontales o ligeramente inclinadas que apenas si contienen fósiles, estimó el Ingeniero Jefe de la Región que, al estudio de detalle de la Hoja de Alcalá, precediera un «Resumen de la Geología del Terciario de la cuenca alta del Tajo», y aunque todos, más o menos, la conocíamos, recorrimos la cuenca, visitando sus bordes en las provincias de Madrid, Guadalajara y parte de la de Cuenca.

Por estar en ello especializado, fué encargado de hacer ese trabajo el señor Royo y Gómez.

En un primer capítulo trata de la descripción física de la cuenca y hace una división geográfica que tiene gran relación con su constitución geológica. Hace la historia de las ideas tenidas acerca de la edad de los terrenos que la integran desde los tiempos de Ezquerria hasta los actuales, con el fin de hacer ver la evolución sufrida en lo referente a las edades que corresponden a sus capas.

Pasa a hacer la descripción geológica detallada y destaca la división del Terciario en inferior o Paleógeno y en Mioceno, señalando las relaciones estratigráficas que guardan con el Cretáceo infrayacente, que son de concordancia para el primero y de discordancia para el segundo; las relaciones que aquéllos tienen entre sí, de discordancia angular en los bordes de la cuenca y de falsa concordancia, discordancia por laguna estratigráfica o por erosión en el centro.

Llama la atención de la importancia que tiene el sondeo de Alcalá de Henares por los fósiles en él encontrados, mediante los cuales ha podido comprobar la edad paleógena de sus estratos y referir al Oligoceno inferior los que llegan, poco más o menos, a seiscientos metros de profundidad, y al Eoceno superior los que pasan de este nivel hasta llegar al Cretáceo, que todavía a los 1.000 metros no ha aparecido.

Al estudiar el Mioceno da una relación de los fósiles hallados en esta cuenca, cuya lista es la primera vez que figura tan completa.

Indica las probabilidades de que exista también Plioceno.

Se hace resaltar que la extensión del Cuaternario es mucho menor de lo que se ha señalado hasta ahora, por estar confundido con el Mioceno de facies detrítica, cuyas rocas son muy semejantes, y que, por lo tanto, las grandes manchas cuaternarias situadas a ambos lados de la Cordillera Central y al Sur de los Picos de Europa se reducirán de tamaño cuando se las estudie con mayor detenimiento.

Como resultado de sus observaciones hace un resumen estratigráfico provisional que dice podrá modificarse en el detalle por los nuevos estudios que se hagan.

Se resume también todo lo referente a la tectónica de este Terciario según los estudios que desde hace años viene efectuando.

Por último, da una relación por orden cronológico de cerca de 200 trabajos con datos referentes al Terciario de esta cuenca.

«La Explicación de la Hoja de Alcalá de Henares» ha corrido a cargo de los Sres. Royo y Gómez y Menéndez Puget.

Se hace primeramente una descripción geográfica del territorio que comprende la hoja con las comarcas topográficas tan distintas que abarca: la de los páramos y la de la campiña o de los términos transitorios a la llanura baja, con sus tres grandes valles: del Jarama, Henares y Pantueña.

Al estudiar la geología se empieza por hacer la historia de los trabajos que con anterioridad se habían ocupado de esta región, destacándose lo poco estudiada que estaba a pesar de lo mucho que sobre los alrededores de Alcalá se había hecho.

Luego hacen una descripción geológica por localidades, pasando revista a la estratigrafía de todos los sitios que puedan tener interés general o local. Señalan varios nuevos yacimientos de las gigantescas *Testudo*, uno de un mamífero que, estudiado por el Sr. Royo, resulta ser una especie nueva de roedor, varios de moluscos, etc.

En todo ese estudio se comprueba lo dicho en la parte general de la cuenca acerca de la existencia de dos niveles totalmente distintos de yeso: uno inferior, en el que predominan los yesos procedentes de la transformación de la anhidrita, que aparece en el sondeo, y que corresponde al Oligoceno; y otro superior, verdaderamente mioceno, situado por debajo de las calizas pontienses y por encima de los horizontes de *Testudo*.

Se comprueba, igualmente, que el Mioceno tiene más sedimentos químicos (margas yesíferas, calizas, etc.) hacia el interior de la Alcarria, en el centro de la cuenca, que hacia los bordes, en donde aquéllos son sustituidos por arenas y conglomerados.

Se generaliza la estratigrafía del Pontiense del cerro del Viso, en el que la existencia de conglomerados en el horizonte de las calizas se señalaba por algunos como un hecho excepcional, y ahora se ve que, en casi todo el territorio abarcado por la *Hoja*, las areniscas y conglomerados son los elementos de más importancia, ya que las calizas quedan reducidas a formar su base y su cubierta.

En el Cuaternario se señala la existencia de terrazas escalonadas, tanto en el valle del Henares como en el del Jarama y en el arroyo Pantueña, y proponen un cambio de nombres en la nomenclatura de este terreno por si se juzgase conveniente el hacerlo. De no dividir el Cuaternario, como muy frecuentemente se hace y es la tendencia general, en inferior, medio y superior o en numerosos pisos basados en las terrazas, y seguir con la división de Cuaternario antiguo para lo anterior a las edades históricas, y Cuaternario reciente o moderno para lo posterior, creen que se deben cambiar los nombres de *Diluvial* y de *Aluvial* que se les da en el actual mapa por los de *Pleistoceno* y *Holoceno*, más generalmente admitidos. Los geólogos alemanes, que eran los que más empleaban aquellos nombres, actualmente tienden a desecharlos y así se puede observar con sólo revisar las hojas de sus mapas y sus libros más usados. El nombre de *Diluvial*, Haug lo da como malo por la confusión que puede traer acerca del diluvio bíblico, y el de *Aluvial* parece dar a entender que no hay más aluviones que los recientes. El nombre de Pleistoceno fué inventado por Lyell y está muy ge-

neralizado, pues se le cita en obras tan corrientes como el Lapparent y en otras tan elementales como las «*Conferencias de Geología*», de Boule, Director de la Sección paleontológica del Museo de París, y en la *Historia Natural* de Hernández-Pacheco, Cazorro y Martínez. Lo mismo ocurre con el de Holoceno, que tanto en estas últimas obras elementales como en otras de carácter más elevado y de investigación, aparece desde hace mucho tiempo.

El «*Estudio paleontológico de la Hoja de Alcalá de Henares*», está hecho por el Sr. Royo y Gómez.

Se estudian todos los fósiles allí encontrados que, excepto las tortugas gigantes descubiertas con anterioridad, se citan ahora por primera vez.

Tienen importancia los hallados en el sondeo por ser los primeros fósiles paleógenos que aparecen en esta cuenca; unos, como los de los niveles de 500 a 600 metros de profundidad, lo mismo pueden pertenecer al Oligoceno inferior como al Eoceno superior, y otros, los de 840 a 875 que son ya claramente eocenos y probablemente lutecienses o bartonienses. Es digno de mención el descubrimiento de restos de peces que el Sr. Royo considera como de una especie nueva a la que le ha dado el nombre de *Leuciscus kindelani*.

Entre los fósiles miocenos existen numerosos moluscos; se han encontrado nuevos ejemplares de la *Testudo* gigantesca que permitirán excavarlos y una mandíbula de un roedor, especie de conejo, que también es nuevo para la ciencia y que denomina *Lagomys peñai*, en honor del digno Director del Instituto Geológico y Minero de España.

El Sr. Menéndez Puget estudia las tierras vegetales como producto de la erosión de las rocas. Se opera sobre

tres clases de tierras: la de los páramos que como corresponde a su origen es muy calcárea y pobre en elementos fertilizantes; una tierra de las margas yesíferas sarmatienses, bastante rica en sulfato de cal y elementos nutritivos, y otra del valle del Henares que en parte participa de las propiedades anteriores.

Después se ocupa de las aguas, dividiéndolas en tres tipos, según las capas en que brotan. Las pontienses son aguas muy bicarbonatadas, poco magnesianas y alcalinas y, en general, no reúnen muy malas condiciones de potabilidad, pues oscilan entre 31 y 63 grados hidrotrimétricos.

Las que brotan en el Sarmatiense y Tortoniense son selenitosas, magnesianas y alcalinas; están entre 123 y 134 grados; no son potables.

Las aguas alumbradas en distintos niveles con el sondeo de Alcalá de Henares, también han sido analizadas. Los análisis confirman que, en general, las aguas son tanto más salinas cuanto más inferiores son las capas en que brotan, cuya conclusión se expresa en un gráfico que resume todas las investigaciones.

Además, se estudian algunas rocas, como las calizas pontienses sobre las cuales se tenían antiguamente ideas equivocadas.

Al sondeo hecho en Alcalá de Henares también se le dedica una nota que firma el Ingeniero Jefe de la cuarta Región, en la que se inserta lo que pensaban reputados geólogos acerca de las probabilidades de encontrar aguas artesianas profundas en la cuenca del Tajo.

Se dan detalles de la composición petrográfica de los terrenos atravesados con la sonda, de los interesantes niveles fosilíferos que facilitan los datos paleontológicos, mediante los cuales puede decirse que hasta los 500 me-

tros se tratará, probablemente, del Oligoceno; de los 500 a los 600 metros (zonas fosilíferas) Oligoceno y paso de éste al Eoceno, y de los 600 para abajo (zona fosilífera de los 840 a 875 metros) francamente Eoceno, probablemente lutecienses o bartonienses.

También se mencionan los varios niveles acuíferos cortados, que confirman la existencia de una cuenca con estructura geológica artesianas, aunque desgraciadamente sin aguas potables profundas hasta los 1.000 metros a que se ha llegado.

Se dan algunas ideas generales sobre el mecanismo del tren de sonda y finaliza la nota con las enseñanzas que se deducen hasta ahora.

Por último, forma parte de la Memoria, otra muy sucinta nota del mismo Ingeniero Jefe con la interpretación dada a los datos facilitados por la *balanza de torsión* en las experiencias que se hicieron tomando como centro la ciudad de Alcalá de Henares, que ha puesto en evidencia lo que ya se sospechaba, o sea, que existe gran diferencia entre la tectónica del subsuelo en los bordes del E. y del O. de la cuenca, estando en extremo trastornada hacia la parte del E. Asimismo hacen suponer que exista una cuenca parcial en la región comprendida entre la Sierra de Altomira y la Cordillera Central.

Tal es, en resumen, de lo que trata esta *Memoria* que de antemano sabemos ha de contener errores y omisiones. La labor que hoy hacemos tiene como base el rectificar y ampliar lo que otros ilustres geólogos hicieron hace unos cuarenta años; transcurrido el tiempo, quizás muchos años, otro personal vendrá y hará análoga labor, tomando los nuestros como base de sus trabajos; nos rectificarán y mostrarán lo que no hemos visto y lo que no hemos podido o sabido interpretar.

Nuestro deseo es que al hacer ese trabajo formen de nosotros un concepto parecido, no digo igual, pues sería demasiada pretensión, al que hoy tenemos de aquellos venerados maestros que hicieron la primera edición del *Bosquejo del Mapa Geológico de España*, con sus lucidas explicaciones.

*El Ingeniero Jefe de la cuarta Región,*  
VICENTE KINDELAN

Madrid, enero 1928.

## EL TERCIARIO CONTINENTAL DE LA CUENCA ALTA DEL TAJO

POR

JOSÉ ROYO Y GÓMEZ

Profesor del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

## LA CUENCA ALTA DEL TAJO

---

### DESCRIPCIÓN FÍSICA

El Terciario continental ocupa en la Península Ibérica tres grandes cuencas centrales y otras diversas de menor extensión, repartidas por su periferia. La cuenca alta del Tajo forma parte de aquellas tres primeras; tiene un contorno aproximadamente triangular con uno de los vértices dirigidos hacia el N. en donde está limitada por altas alineaciones montañosas como la Cordillera Central y la Serranía de Cuenca, mientras que hacia el S. se abre anchamente y con dificultad se la puede delimitar por los Montes de Toledo y la Sierra Morena. Aunque para abreviar la denominamos del Tajo, en realidad está recorrida también por el Guadiana y el Júcar con divisorias muy inciertas.

La erosión fluvial ha labrado en los terrenos que la rellenan formas topográficas muy típicas, cuya distribución permite dividirla en varias regiones que ya en otra ocasión (1920) <sup>1</sup> he denominado: *región de la llanura, de*

---

<sup>1</sup> Las citas bibliográficas se indican por el año de la publicación. Véase más adelante la lista de obras.

*los términos transitorios a la llanura o de la campiña y de los páramos* (fig. 1.<sup>a</sup>).

La *región de la llanura* o la Mancha, ocupa la mitad meridional de la cuenca, desde una línea que próximamente pasa por el S. de Cuenca, Cabrejas y Saelices. Es una dilatada planicie sin grandes desniveles y con sólo suaves lomas, asurcada por los ríos Guadiana y Júcar, cuya erosión ha avanzado tan poco que su divisoria exacta es imposible fijarla. Los cauces de sus ríos son inciertos y frecuentemente múltiples, desapareciendo unas veces a causa de su poca pendiente y de la permeabilidad del suelo o formando extensas y temporales lagunas allá en donde éste es impermeable; en el último caso, sus aguas suelen contener sales como el cloruro sódico, que permiten frecuentemente una activa explotación.

A primera vista diríase que esta región es una penillanura originada por los ríos Guadiana y Júcar; pero si bien es posible que esto sea cierto para las proximidades de Cuenca o sea hacia el NE. y para los terrenos antiguos, no es así para el resto del Terciario, ya que los estratos que forman su suelo corresponden a la edad pontiense, como ha podido determinar el Sr. Hernández-Pacheco (E.) en la Puebla de Almoradier, por medio de restos de mamíferos, y yo en Daimiel, con numerosas especies de moluscos.

La *región de los páramos* constituye la zona central de la mitad septentrional de esta cuenca o sea de la verdadera cuenca del Tajo; ella, unida a la región oriental de los términos transitorios, forma la tan renombrada Alcarria. Sus límites geográficos coinciden próximamente por el E. con la Sierra de Altomira y por poniente con el valle del río Henares y su continuación con los del Jarama y Tajo.

Geológicamente podríamos decir que es la misma

CUENCA TERCIARIA DEL ALTO TAJO

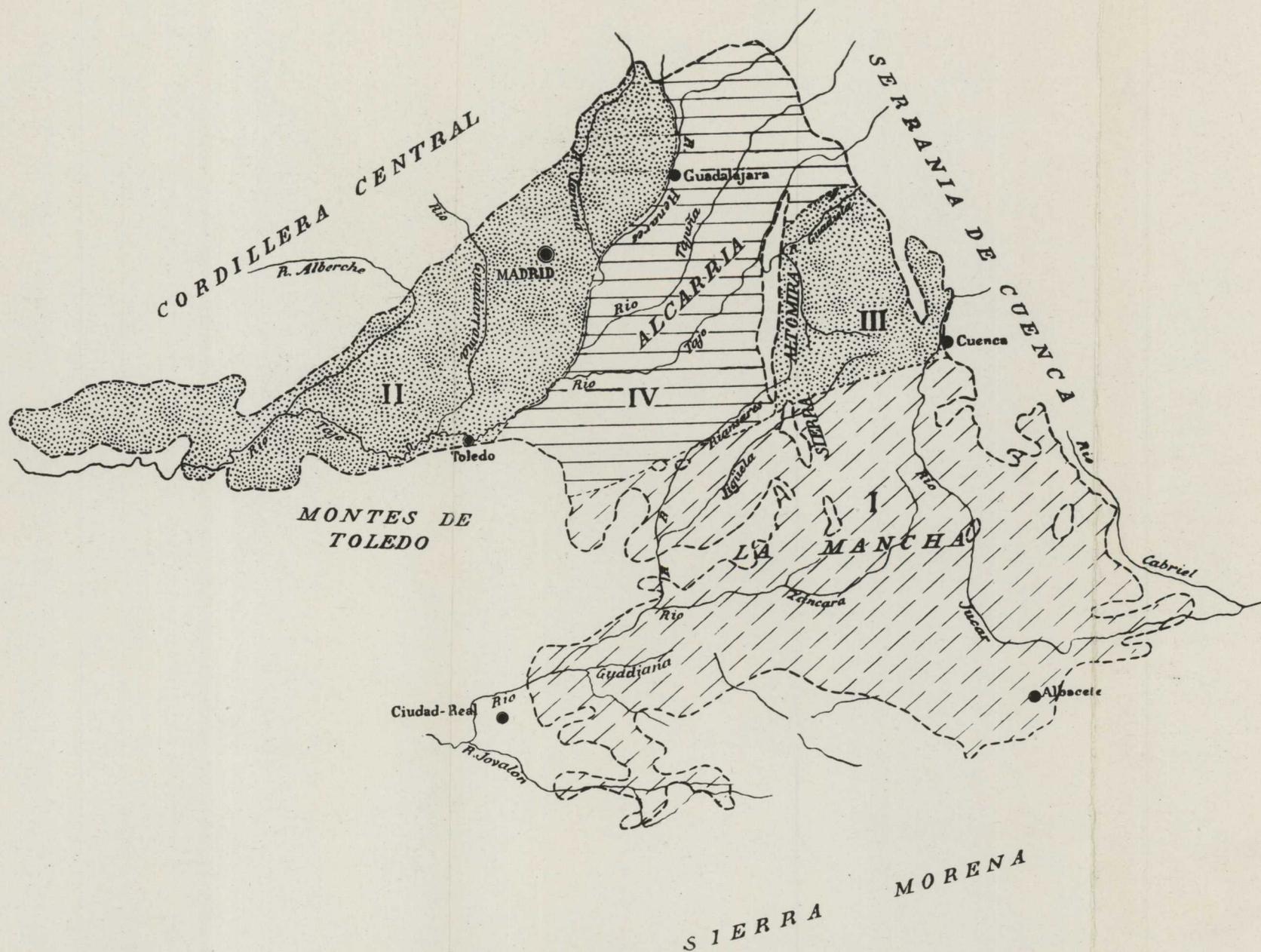


Fig. 1.<sup>a</sup>—Regiones de la cuenca terciaria del Alto Tajo: I, La Mancha; II y III, Campiñas o regiones de los términos transitorios a la llanura; IV, región de los páramos o Alcarria.

Mancha, pero elevada por las acciones orogénicas a unos ciento cincuenta a doscientos metros de altitud sobre aquélla; pues en realidad es una gran altiplanicie de suelo constituido también por calizas, areniscas y conglomerados pontienses, que ha sido atravesada por ríos que labrándose valles estrechos y profundos la han transformado en un país abrupto con altas mesetas de contorno variado y de vertientes rápidas, desprovistas generalmente de vegetación, con aspecto de pirámides truncadas, de bases casi de igual tamaño que, en la mayoría de los casos, las asemejan a artesas volcadas. Reciben éstas los nombres de *altos* y de *muelas*, mientras que los de *páramo* o *llano* se aplican a las planicies de las cumbres <sup>1</sup>.

El paso desde la Mancha se hace casi insensiblemente sin formar verdadero escalón, pues la altiplanicie de sus cumbres no es horizontal sino bastante inclinada hacia el SO., como se observa atendiendo a sus alturas (Berniches, 1.041 m.; Hueva, 951 m.; Mondéjar, 786 m.; Peñas Gordas, 794 m.; Tarancón, 749 m.; Ocaña, 730 m.), siendo su pendiente bastante desigual y no tan constante y regular de un metro por kilómetro, como supusieron Verneuil y Collomb (1852). La causa de esta inclinación no es la erosión, como ya he dicho en otra ocasión, sino la posición en que las capas miocenas han quedado después del movimiento orogénico postpontiense o rodaniense (Royo, 1920, 1926).

En los límites de la cuenca, por la parte de Cifuentes, la erosión fluvial ha avanzado tanto que los estratos miocenos han desaparecido y han quedado al descubierto

---

<sup>1</sup> Con bastante impropiedad suelen confundirse estos nombres aplicando el de *páramo* a lo que es en realidad un cerro, un alto o una muela.

muy plegadas las areniscas y margas paleógenas, entre las cuales corre el Tajo formando fuertes meandros encajados. En realidad esta comarca se podría ya incluir en las regiones siguientes.

A la *región de los términos transitorios o de la campiña* deben referirse dos extensas comarcas situadas a ambos lados de la de los páramos; una al NO., entre la Cordillera Central y el valle del Henares con su continuación en los del Jarama y Tajo y otra al NE. comprendida entre la Serranía de Cuenca y la Sierra de Altomira. Estas dos comarcas tienen una altitud media mayor que la de la Mancha y, sin embargo, aquí los estratos del Mioceno superior y mejor los del Pontiense si no han desaparecido completamente quedan relegados a pequeños afloramientos; los mismos sedimentos del Mioceno faltan en muchos sitios y son los del Paleógeno (Oligoceno y Eoceno) los que asoman. Las calizas superiores de los páramos, pontienses, han sido arrasadas por la erosión fluvial o no se depositaron nunca, excepto en algunos puntos orientales; tanto en un caso como en otro las margas, arcillas y arenas que han quedado al descubierto, y que las sustituían, son materiales tan incoherentes que con facilidad han podido labrarse en ellos anchurosos valles los ríos cuaternarios. El resultado de todo ello ha sido el que se hayan formado dos regiones que sin ser llanas completamente tampoco son montañosas.

El paso de la región de los páramos a ellas se hace por un verdadero escalón labrado por la erosión fluvial, apareciendo aquella como una meseta cuyos bordes van royendo los ríos, que dejan de cuando en cuando, como restos de ella, pequeñas muelas (cerros del Viso y del Ecce Homo, en Alcalá de Henares; muela de Alarilla), cerros redondos (Castillo de Huete) o cónicos (Hita,

colmillo de Alarilla, etc.). Cuando no existen las calizas de los páramos pero sí capas duras más inferiores (margas calcáreas, sílex, etc.), se forman mesetas bajas como se ve en la cuenca del Guadiela, de las que pueden desprenderse o quedar como únicos representantes cerros que en pequeño recuerdan a los que se destacan de los páramos y que he indicado antes (cerros de Almodóvar o de Vallecas, de Villaluenga, de los Angeles, en Getafe; de los Hermanillos, en Sacedón, etc.). Todos ellos entran en la categoría de *cerros testigos*.

Los ríos, al revés que en la región de los páramos, forman anchos valles y sus cauces son ya inseguros y sinuosos, siendo muy frecuentes los fenómenos de captura. En la región oriental los ríos no han hecho más que labor destructiva, pero en la occidental, a la par que han ido arrastrando a los sedimentos miocenos y paleógenos, formaron extensas terrazas. En esta última, sin embargo, se ha dado demasiada importancia a las formaciones cuaternarias confundiéndolas con los sedimentos detríticos del Mioceno, que son en realidad los que la integran mayormente. En la región de levante, por el contrario, han desaparecido en gran parte los sedimentos miocenos y quedan al descubierto constantemente los paleógenos.

En la formación de todas estas diferentes regiones han influido grandemente los agentes stratigráficos y tectónicos, siendo los erosivos una simple consecuencia de aquéllos, como veremos más adelante <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Para más detalles geográficos consúltense: ROYO, *La Sierra de Altomira*, 1920.

## DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Las ideas sustentadas sobre la edad de los terrenos que constituyen la cuenca del Tajo, como los de las restantes, son diversas y han sufrido muchos cambios. Aunque todos los que de ello se han ocupado están conformes en considerar sus estratos como pertenecientes al Terciario, hay una cierta disconformidad cuando se quiere llegar al detalle, a la asignación de pisos a que aquellos corresponden. Ya en otros trabajos he hecho constar que todo esto es debido a la falta de minuciosas investigaciones que permitan hacer obra de conjunto seria, siendo erróneo el querer sacar consecuencias para todo el Terciario, ni para el de una cuenca, por el conocimiento de una pequeña porción de ella.

En las siguientes páginas voy a pretender hacer un resumen más del estado de nuestros conocimientos y de mis investigaciones sobre este Terciario, sin pretender que este estudio sea ya definitivo, pues no podrá serlo así hasta el día en que se hayan terminado las observaciones detalladas que ahora empezamos a hacer con motivo de la reforma y publicación del nuevo mapa geológico. Este resumen, pues, lo mismo que la memoria de conjunto que publiqué hace algunos años (1922), tiene por fin el dar a conocer los resultados concretos ya obtenidos y los problemas oscuros que se presentan al estudiarlos para que sirvan de base a los futuros trabajos, los cuales en último caso, serán los que reafirmen o modifiquen las ideas que desde algún tiempo estoy sustentando.

RESEÑA HISTÓRICA.—El primer geólogo que se ocu-

pó de estas formaciones fué el Ingeniero español D. Joaquín Ezquerro del Bayo, el cual efectuó antes de 1837 una serie de estudios en la cuenca del Duero que luego extendió a las del Tajo y Ebro y los cuales los resumió en una memoria que no se publicó hasta 1845. Este trabajo es de un interés grande y las ideas que en él se exponen casi se podrían suscribir íntegramente en la actualidad. En él se esboza la teoría de los grandes lagos, se determina la edad de sus depósitos como *formación yesosa terciaria de agua dulce* y se los divide en tres grupos que de abajo a arriba los denomina de arcillas, margoso-yesoso y calizo. Ya veremos cómo esta división se ha sustentado hasta hace poco y se viene manteniendo aún por algunos.

Concretándonos a la cuenca del Tajo, a los de Ezquerro siguieron en aquella época indicaciones y estudios hechos por geólogos nacionales y extranjeros tales como Luján (1850), Naranjo y Garza (1850), Salazar (1851), Verneuil y Collomb (1852-1856), Linera (1853), pero en especial los de Prado (1851-1864). Este insigne geólogo culminó su obra en la «Descripción física y geológica de la provincia de Madrid» (1864), la cual, a pesar de los años transcurridos, no puede dejar de ser consultada por todo aquel que desee hacer investigaciones serias sobre la cuenca del Tajo; en ella separa ya, aunque con alguna duda, el Eoceno del Mioceno, pues su clara intuición le indicaba que no todos los depósitos eran de esta última edad. Los estudios llevados a cabo por el gran geólogo francés Verneuil sirvieron para reafirmar la idea de los grandes lagos, pero nada nuevo añadieron respecto a la edad.

En 1873, cuando se constituyó la Comisión del Mapa Geológico, integrada por ingenieros de minas, se dió un gran impulso al estudio de nuestro territorio, ampliándose los grandes resultados obtenidos por los anteriores

geólogos. En lo que respecta al Terciario fué el Sr. Cortázar el que publicó mayor número de memorias y el que dió la pauta para su estudio y clasificación. La división puramente litológica hecha por Ezquerria la convirtió en cronológica comparando nuestro Terciario con el clásico de la cuenca de París; el grupo inferior de conglomerados, areniscas y arcillas lo incluyó en el Eoceno, el de las margas yesíferas en el Proiceno u Oligoceno y el de las calizas en el Mioceno. Esta clasificación no tenía, sin embargo, una base paleontológica que era en definitiva la que había de dar la clave, y por ello, seguramente, a pesar de que en los mapas originales se marcaban esos pisos, cuando se dió a la publicidad el mapa de conjunto en vez de persistir en ello se uniformaron las manchas y se les dió la denominación común de Mioceno. Indudablemente, el hecho de que todos estos terrenos aparezcan en el mapa pintados con el color del Mioceno, hace que todos los geólogos nos hayamos ido formando a la idea de que efectivamente pertenecen a esta edad, encontrando ahora gran dificultad para abrirse paso todo aquello que demuestra la existencia de terrenos pertenecientes a otros diversos períodos del Terciario.

A los trabajos de Cortázar del último tercio del siglo pasado, hay que unir los de Botella, Calderón, Vilanova, Aránzazu, Gonzalo y Tarín, Quiroga, teniendo especial interés los de Castel sobre la provincia de Guadalajara. Este ingeniero (1881) hizo ya notar que en el Terciario de esa provincia existe una serie inferior muy plegada y concordante con el Cretácico, constituida por conglomerados, maciños y yesos, sobre la cual viene otra superior, relativamente horizontal, formada por conglomerados, areniscas y arcillas rojas, *margas y arcillas con yesos* y calizas de los páramos, es decir, que había dos niveles dis-

tintos de yesos separados por estratos que estaban en discordancia.

En la primera decena del siglo actual los únicos trabajos que presentan nuevas observaciones sobre este Terciario son los del profesor Fernández Navarro, los cuales, aunque no coadyuvan a la cuestión de la edad, son importantes para la distribución geográfica y naturaleza de sus estratos. Por esta época se hace el descubrimiento de los fósiles marinos del Paleógeno de Toledo por el señor Espluga y su determinación por Douvillé (1908) y Depèret (1908), lo cual, unido al otro descubrimiento efectuado en la cuenca del Ebro (Tárrega y Calaf) de vertebrados oligocenos, produjo una reacción entre los especialistas franceses contra la idea sustentada en el mapa gráfico de que todas estas formaciones eran miocenas y vinieron a considerarlas casi totalmente como oligocenas. Estas ideas exageradas no fueron admitidas por todos los geólogos españoles entre los que se fué afirmando cada vez más la idea del Mioceno.

Douvillé (R.), en su obra de conjunto sobre la geología de España (1911), llama a esta formación Oligo-miocena y en la cuenca del Tajo, basándose en los datos paleontológicos entonces conocidos y en un corte geológico del profesor Fernández Navarro, incluye en el Oligoceno todos los de la base; en el Tortoniense y Sarmatiense la parte media con los yacimientos de mamíferos de Madrid y en el Pontiense la parte superior con el *Hipparion* de Valdelaguna.

El descubrimiento tan importante de los vertebrados miocenos de Palencia en 1911, y los de la Puebla de Almoradier, en La Mancha, permitieron al profesor Hernández-Pacheco el deshacer la idea de los inmensos lagos, al propio tiempo que le inducían a incluir en el Mio-

ceno a todos los depósitos terciarios de la Meseta, excepto aquellos que, como los de Salamanca, habían dado fósiles indudablemente paleógenos. En sus tan importantes trabajos hace una división del Mioceno semejante a la que Ezquerro trazó para todo el Terciario; refiere al Tortonense las arenas y arcillas inferiores, al Sarmatiense las margas yesíferas y al Pontiense las calizas superiores. Esta clasificación, obtenida para el Mioceno de Palencia, la generalizó a toda la cuenca del Duero y a la del Tajo, incluyéndose como consecuencia todas las margas yesíferas en el Sarmatiense.

El profesor Dantin con diversas notas, colaboró en la fijación de la edad sarmatiense para algunos estratos (1916-1917).

Los hallazgos de tortugas en Alcalá de Henares, iguales a las de Palencia (Hernández-Pacheco, 1917); los de yacimientos de mamíferos en Madrid y en otros puntos, así como los de moluscos miocenos, reafirmaron cada vez más la idea de la gran extensión de los terrenos de esta edad. En los trabajos más recientes del profesor Sr. Hernández-Pacheco (1926), se persiste en ello y no se admite al Paleógeno más que para ciertos puntos de los bordes de la cuenca.

El Sr. Pérez de Barradas en trabajos recientes (1926) sobre el Cuaternario de los alrededores de Madrid, estudia también el Terciario por formar el basamento de aquél. En esta memoria de conjunto al hacer el resumen de los conocimientos de este terreno, unidos a los resultados de sus minuciosas observaciones, hace destacar el hecho de que los vertebrados miocenos encontrados en Madrid y en sus cercanías lo han sido siempre en los estratos superiores a las margas gris verdosas yesíferas, pero incluye en el Cuaternario muchas capas verdaderamente

miocenas y le da un espesor mayor de 227 metros.

En 1917, en los estudios que venía efectuando sobre la Sierra de Altomira, pude ver, por razones tectónicas y litológicas, que en ella no todos los depósitos terciarios eran miocenos, sino que también los había paleógenos y así lo indiqué en los diversos trabajos que por entonces publiqué (1917, 1918, 1920). Pero, sin embargo, arrastrado igualmente por las ideas predominantes no di aún toda la importancia que aquellos terrenos paleógenos merecían y en mi memoria de conjunto (1922) no les asignaba todavía la extensión que luego he podido ver que tenían. Además, todas las margas yesíferas las incluía igualmente en el Sarmatiense.

En los últimos años, después de haber reconocido personalmente casi todas las cuencas terciarias de la Península y las más afines del extranjero, he ido modificando mis ideas ante los hechos que tan manifiestamente nos muestran que ni todo lo que las rellena es Oligoceno o Eoceno, como algunos han pretendido, ni por el contrario todo es Mioceno; hay terrenos de todos estos períodos lo mismo en los bordes que hacia el interior de las cuencas, como más adelante veremos, y lo que hace falta es llegar a su separación justa y delimitarlos debidamente.

Las excursiones que he realizado por toda la cuenca del Tajo y en particular las que recientemente he efectuado acompañado de los ingenieros Sres. Kindelán y Menéndez Puget, me han ofrecido nuevos datos a los muchos que ya poseía y me han reafirmado en las ideas expuestas en los últimos años (1926) sobre los distintos niveles de margas yesíferas, sobre su edad y sobre los movimientos orogénicos que han trastornado a estos estratos; fruto, pues, de toda esta larga serie de investi-

gaciones es el resumen que voy a ofrecer aquí. No quiero pasar en silencio mi agradecimiento hacia el actual Director del Instituto Geológico y Minero de España, D. Luis de la Peña; a D. Ignacio Bolívar, Director del Museo Nacional de Ciencias Naturales y al Ingeniero Jefe de la Región del Centro, D. Vicente Kindelán, por los medios puestos a mi alcance y por las facilidades que me han dado para el cumplimiento de mi cometido.

**Composición geológica.**—La estratigrafía de cualquiera de nuestras cuencas terciarias es sumamente difícil porque hay poca variabilidad en sus rocas, siendo muy semejantes las más antiguas a las más modernas y aun éstas mismas a las cuaternarias. Además, porque pocas veces las capas son muy continuas sino que forman grandes lentejones y lo que en un sitio son margas en otro son arenas u otro material distinto; por otra parte, la relativa pobreza de fósiles viene a complicarlo más pues se carece, la mayoría de las veces, del elemento más fundamental para determinar la edad.

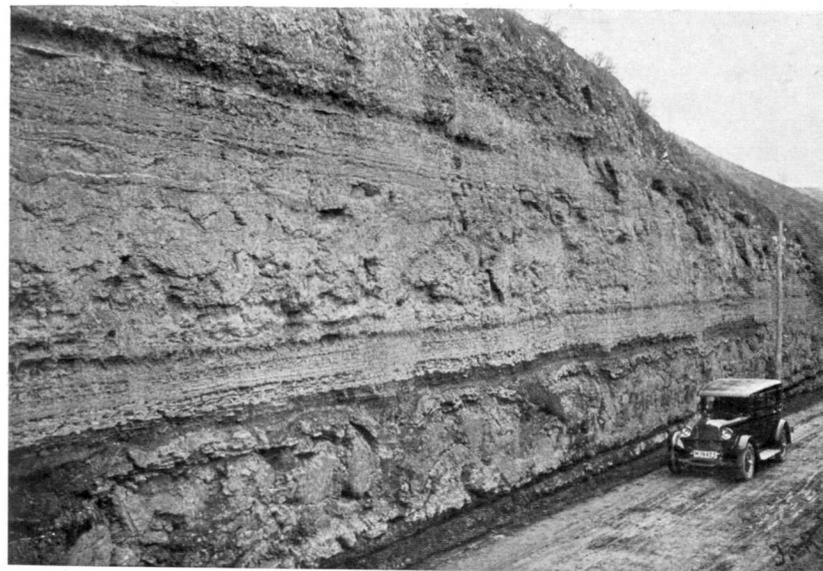
En el Terciario de la cuenca alta del Tajo se distinguen perfectamente dos grupos de estratos, uno inferior o paleógeno formado por conglomerados, areniscas, arcillas y margas gris verdosas o rojas, frecuentemente con yesos y otro superior o mioceno, de conglomerados, arcillas, arenas, margas, que pueden ser yesíferas, y calizas. La distribución de estas rocas en cada grupo es un poco variable, y así mientras los conglomerados en el Paleógeno predominan en la base, en el Mioceno lo hacen en la parte superior. El color de todas las rocas es principalmente rojo y gris en todas sus variantes desde el verde al blanco, predominando los tonos rojos y en general los fuertes y oscuros en el Paleógeno y los más claros en el Mioceno.

**Terciario inferior o Paleógeno.**—Los terrenos correspondientes a esta edad afloran en los bordes y en el centro de la cuenca, en casi todos los sitios en que aparece el Cretácico, presentándose aparentemente en concordancia con él; allí está formado por conglomerados de base duros y de espesor variable, que pasan por tránsitos unas veces insensiblemente a arcosas y areniscas de grano grueso y otras directamente a arcillas y margas rojizas y gris verdosas con yesos; generalmente sus estratos en estos sitios están muy plegados. Fuera ya de esos lugares en que asoma el Cretácico, es decir, en el centro de cada una de las dos subcubetas en que la Sierra de Altomira divide a la cuenca, han quedado los estratos al descubierto a causa del avance erosivo de los ríos durante el Cuaternario y entonces sus capas aparecen sensiblemente horizontales y formadas por areniscas y arcillas rojas y margas gris verdosas yesíferas. El enlace de estas capas con las del borde se ve muy bien con sólo seguir el cauce del río Henares hasta Baidés en donde aparecen plegadas; a medida que nos internamos hacia el centro de la cuenca desde esa localidad se hacen casi horizontales y ya en Humanes lo son completamente y así siguen formando el escalón rojo oscuro de la izquierda del cauce, pasando del mismo modo por Guadalajara y Alcalá, hasta llegar a Mejorada del Campo en cuyo lugar las arcillas y areniscas rojas se vuelven margas gris verdosas yesíferas que corta el Jarama; continúan con esta naturaleza formando la base del Terciario en Ribas de Jarama, Vallecas, Getafe y Madrid.

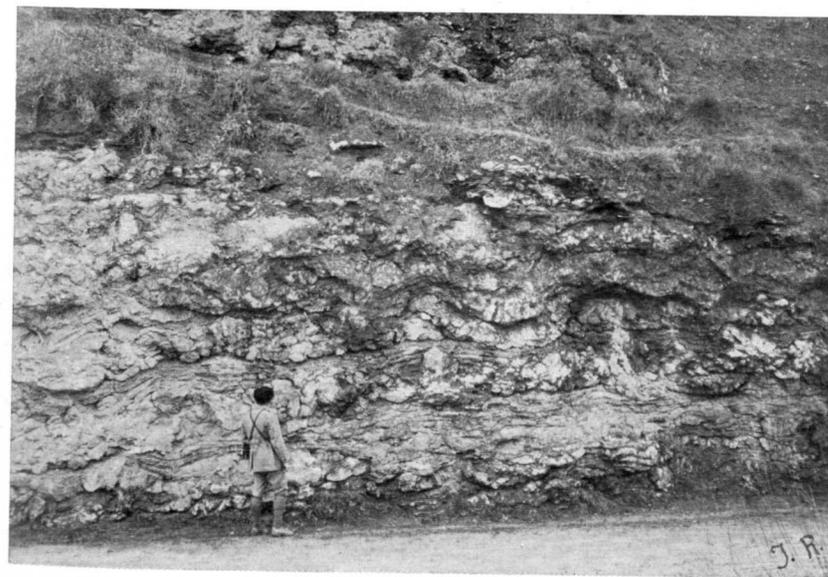
En diversos trabajos anteriores he demostrado ya todo lo que antecede citando hechos y puntos concretos que pueden ser visitados por los reacios (1926-1927), pero si no bastase aquello, el sondeo que actualmente se

ha realizado en Alcalá de Henares bajo la dirección e iniciativa del Instituto Geológico y que se estudia también en esta Memoria, viene a confirmar mis puntos de vista. Se ha llegado con él a una profundidad de 1.000 metros y los estratos que se han atravesado son muy uniformes, pudiéndose decir que están constituidos por margas, arcillas, arenas finas verdosas y rojizas y calizas. Entre los 500 y 600 metros de profundidad han aparecido varias zonas de margas calcáreas negruzcas y fétidas con gran cantidad de Caráceas y Fanerógamas, Moluscos, caparzones de *Cypris*, dientes y huesos de Peces; estudiando estos restos he podido comprobar que los Moluscos pertenecen a *Coretus cornu cornu* (Brong.) (= *Planorbis cornu* Brong.), *Gyraulus polycymus* (Fontannes) (= *Planorbis polycymus* Font.), *Lymnaea acuminata acuminata* (Brong.) y a algunas especies de otros géneros no bien determinables. El conjunto de esta fauna indica que nos encontramos en presencia del Eoceno superior o a lo sumo del Oligoceno inferior, es decir, que la edad para ese horizonte oscila entre el Bartonense y el Sanuasiense y que, por lo tanto, todos los estratos inferiores a él hasta el Cretácico corresponden al Eoceno, y los superiores hasta las capas Tortonenses al Oligoceno. Este conjunto, como ya había predicho en otros trabajos, tiene grandes analogías con la formación terciaria de la cuenca del Ebro y en particular con la de la zona potásica de Cataluña.

Pero a esto se une otro hecho importante desconocido hasta ahora y es la presencia, en una gran abundancia, de nódulos de anhidrita repartidos por toda la masa de aquellos estratos a los cuales suelen acompañar a veces cristales de yeso. Estudiando los yesos que aparecen intercalados entre las arcosas y margas paleógenas del borde de la cuenca y los de las margas verdosas inmediata-



Fot. 1.—Margas gris verdosas oligocenas con yesos producidos por transformación de la anhidrita. Ribas de Jarama. Fot. J. Royo.



Fot. 2.—Yesos oligocenos mostrando los pliegues formados al originarse aquéllos por hidratación de la anhidrita. Ribas de Jarama (Madrid).

Fot. J. Royo.

mente superiores a las capas del sondeo, las de Loeches, Vallecas, Ribas de Jarama, etc., se ve que en general, forman riñones sacaroideos de tamaño diverso o masas de cristales bacilares y, además, allá en donde se puede examinar la estratificación se observa que esos yesos constituyen frecuentemente capas más o menos retorcidas o plegadas, colocadas entre otras de margas que permanecen paralelas y sin trastornar (lámina I). Este modo de presentarse el yeso indica que en su mayoría procede de la transformación de la anhidrita y que al aumentar de volumen ha tenido que replegarse, lo cual no se observa nunca en los yesos de las margas verdaderamente miocenas en las que se muestran siempre en cristales lenticulares más o menos grandes esparcidos por su masa.

Por esta razón, además de las ya expuestas anteriormente, hay que considerar como de una misma formación a las capas cortadas por el sondeo y a las que constituyen el escalón arcilloso rojizo de la margen izquierda del Henares que ya hemos visto que por un extremo pasan a las capas plegadas paleógenas del borde de la cuenca y por el otro a las margas yesíferas de Vallecas y Getafe, y que, por lo tanto, en el Mapa no hay más remedio que indicarlas como oligocenas.

En cuanto al espesor encontrado en el sondeo no resulta exagerado si se compara con el de algunos cortes que luego describiremos del borde de la cuenca y con los sondeos hechos en la zona potásica de Cataluña estudiados por el Sr. Marín. Además, no sería de extrañar que en el centro de la cuenca hubiese un espesor mayor que en los lados. También es muy natural la falta en el sondeo de elementos detríticos gruesos, pues estudiando en conjunto el Paleógeno se observa que los conglomerados y areniscas gruesas de los bordes se convierten en arenas

finas, arcillas y hasta margas muy yesíferas hacia el interior.

La facies marina de Toledo forma tan sólo un lecho delgado de molasa con moluscos intercalado entre capas de arcilla, margas y areniscas claramente continentales. Es solamente un episodio fugaz que unido a las capas señaladas por Cortázar en el S. de Cuenca sirven para indicarnos una invasión marina pero que cuya edad sigue siendo discutida, pues mientras para unos es oligocena (Depèret, 1908) otros se inclinan más bien hacia el Eoceno superior (Douvillé, 1908; Royo, 1926).

RELACIONES DEL PALEÓGENO CON EL CRETÁCICO INFRAYACENTE.—Como complemento de lo anteriormente dicho describiré varios cortes que fijen las relaciones de los estratos paleógenos con los que están en su contacto.

Inferiormente yace sobre las capas cretácicas y cuando no han ocurrido grandes trastornos tectónicos se presenta en concordancia con ellas, por lo menos aparentemente. En otros trabajos ya di a conocer esto mismo para el N. de la provincia de Guadalajara (1927) y para parte de la Sierra de Altomira (1920-1922), pero no estaban aún bien fijadas las relaciones en otros puntos, siendo uno de ellos la comarca de Torrelaguna, en El Vellón y Venturada.

*Cretácico de El Vellón y Venturada.*—Al N. de Madrid, bordeando la cuenca terciaria, existen varios afloramientos de Cretácico estudiados por Prado en su magistral memoria de esta provincia de los cuales desde hace tiempo vengo recogiendo datos que ahora he podido completar.

La extensión que Prado le dió es bastante exacta, excepto en los alrededores de Cabanillas de la Sierra, en donde el manchón NE. se aproxima mucho al pueblo

hasta llegar a él, mientras que el del O. está algo más alejado. La tectónica es muy importante y sobre todo las relaciones que tiene con el Terciario inferior. Yendo desde El Molar a Venturada puede verse el corte de la figura 2.<sup>a</sup>, en el cual se comprueba que el Cretácico no está formado solamente por calizas y molasas con restos de moluscos marinos (*Pecten*, etc.), sino que, además,

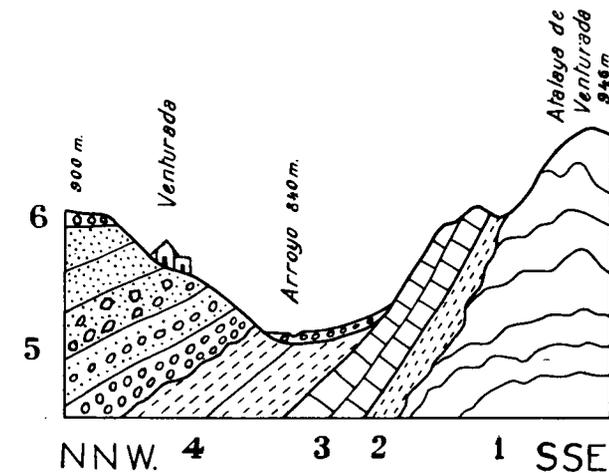


Fig. 2.<sup>a</sup>—Corte del Cretácico y Paleógeno en Venturada (Madrid): 1, neis; 2 a 4, Cretácico; 5, Paleógeno; 6, Pleistoceno (?).

posee margas de facies continental por sus colores rutilantes. A estas margas siguen, al parecer en concordancia, los conglomerados, areniscas y margas del Paleógeno.

Al E. de El Vellón, siguiendo la carretera, aparecen de nuevo las calizas cretácicas también muy inclinadas e igualmente apoyadas en el neis cordierítico de la Atalaya, las cuales sostienen igualmente a los conglomerados y margas paleógenas cuyos estratos contienen ya yesos (figu-

ra 3.<sup>a</sup>). A su vez, sobre estas margas yesíferas, en Mirarrio, viene un conjunto detrítico de arenas pardo amarillentas y rojizas, con cantos esparcidos y capas ligeramente inclinadas que representan al Mioceno superior aunque al pronto tengan semejanza con el Cuaternario y pudieran fácilmente confundirse con él.

En el mismo corte, en el valle del Jarama, pueden observarse las terrazas de 16 y de 30 metros, las cuales fueron ya señaladas por el Sr. Hernández-Pacheco (F.), quien indicó al mismo tiempo las capas del 5 como de formación fluvio-glacial (1927), con la que al pronto tienen cierta semejanza; en realidad son depósitos detríticos miocenos como se ve al estudiar su continuación hasta Alcalá de Henares.

*Cretácico de Valdemorillo.*—Más al S. del anterior sigue aflorando el Cretácico y así lo hace en las proximidades de Valdemorillo en donde está formado por areniscas y margas más o menos calcáreas que pasan a calizas; las primeras son muy caoliníferas por lo que han sido y son activamente explotadas. El espesor de estas capas es muy pequeño, su posición es casi vertical, apoyándose en el neis y están recubiertas por las arenas gruesas con cantos del Mioceno y por aluviones cuaternarios. El Paleógeno no se llega a ver y seguramente habrá sido barrido por la erosión fluvial miocena lo mismo que gran parte del Cretácico.

*Cretácico de la Sierra de Altomira.*—Aunque la Geología de esta sierra ha sido objeto de varios trabajos míos, falta aún mucho por conocer de ella y sobre todo está por hacer la delimitación exacta de los terrenos que la forman, Cretácico, Paleógeno y Mioceno. El terreno que la integra principalmente es el Cretácico constituido por calizas granudas y marmóreas y molasas muy calcáreas y

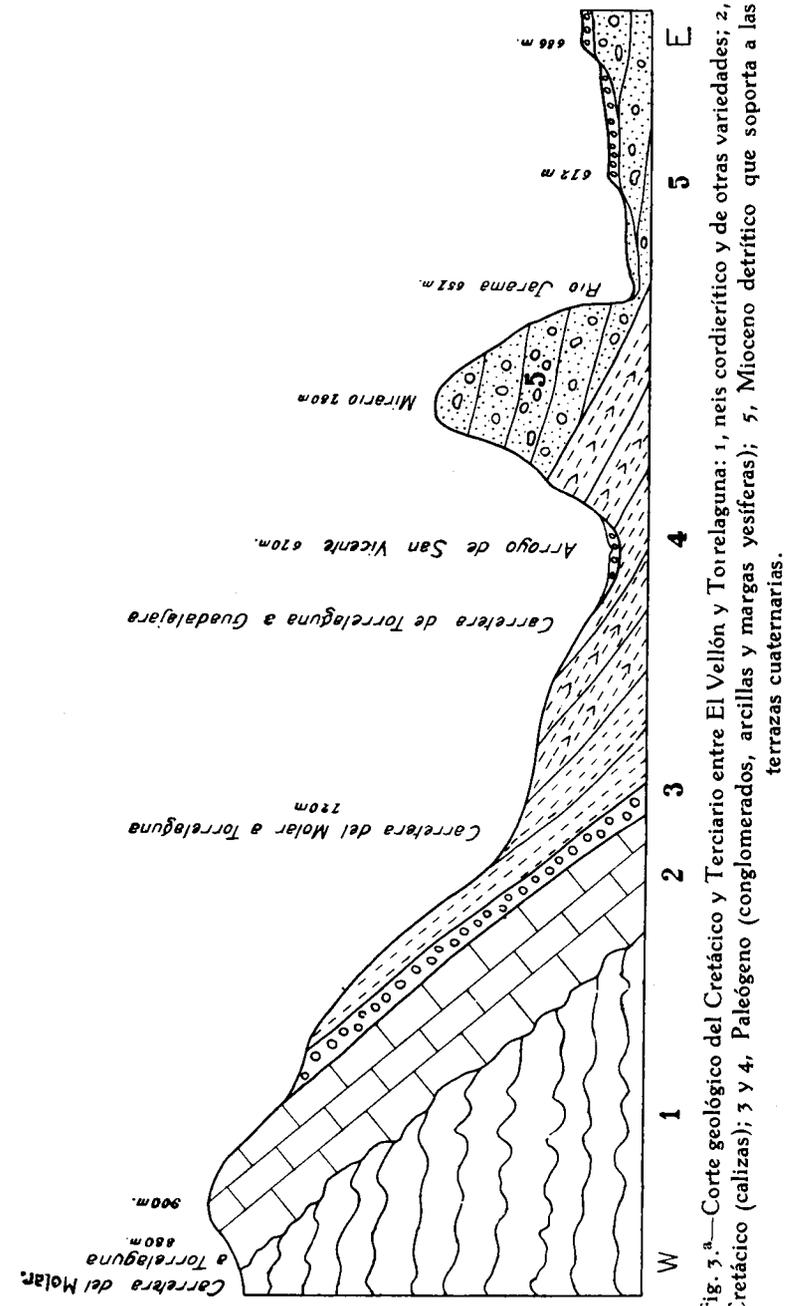


Fig. 3.<sup>a</sup>—Corte geológico del Cretácico y Terciario entre El Vellón y Torrelaguna: 1, neis cordierítico y de otras variedades; 2, Cretácico (calizas); 3 y 4, Paleógeno (conglomerados, arcillas y margas yesíferas); 5, Mioceno detrítico que soporta a las terrazas cuaternarias.

compactas, en capas muy plegadas en las que abundan los milonitos. En estos estratos no se habían encontrado fósiles que demostrasen su edad de un modo claro y tan sólo se tomaba como dato para ello su semejanza con el Cretácico de los bordes de la cuenca.

En una excursión reciente a la presa de Bolarque, en Sayatón, con los Sres. Kindelán y Puget, he tenido la suerte de encontrar fósiles que fijan la edad de Cretácico superior para aquellas calizas. Primeramente, al visitar la capilla de la fábrica de electricidad pude ver que la pila bautismal estaba constituida por una pieza de mármol amarillento que mostraba un sinnúmero de secciones de Rudistas, probablemente *Hippurites*, alguno de los cuales permiten una clasificación específica (lámina II); visitamos luego la cantera de donde había sido extraído el bloque y encontramos nuevos ejemplares, no tan perfectos como aquellos. En excursión posterior y acompañado de los Sres. Olagüe (J.) y Sos (V.), tuvimos la suerte de recoger en la misma cantera un gran número de ejemplares muy perfectos <sup>1</sup> (lámina III, fot. 1).

En estas excursiones he completado las notas que ya tenía de otras veces y he podido trazar el corte geológico de la figura 4.<sup>a</sup>, en el cual pueden verse las siguientes capas:

1) Caliza roja brechoidea con fragmentos de Rudistas (*Hippurites*) que constituye un mármol muy ornamental. (El mármol del altar de la capilla de Bolarque, está sacado de una cantera de este estrato.)

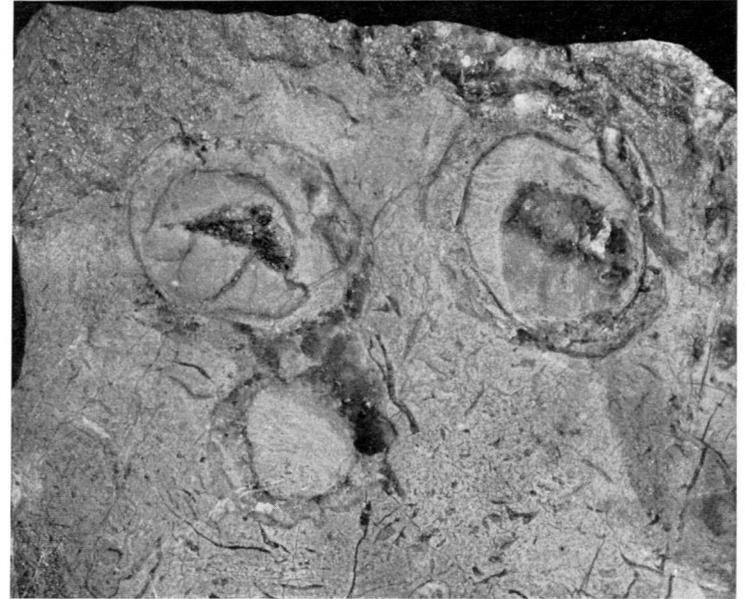
2) Calizas gris amarillentas en potentes bancos con-

<sup>1</sup> He de hacer constar mi agradecimiento a D. Vicente Martínez Baquero, Ingeniero del salto de Bolarque, por lo muy amablemente que me facilitó la rebusca de fósiles y la toma de fotografías.



Fot. 1.—Secciones de Rudistas de la pila bautismal de la capilla de Bolarque (Guadalajara). Tam. nat.

Fot. J. Royo.



Fot. 1.—Caliza con Rudistas de la Presa de Bolarque, Sayatón (Guadalajara). Tam. nat. *Fot. J. Royo.*



Fot. 2.—Conglomerados eocenos concordantes con las calizas cretácicas del Paso del Diablo, Sacedón (Guadalajara). *Fot. J. Royo.*

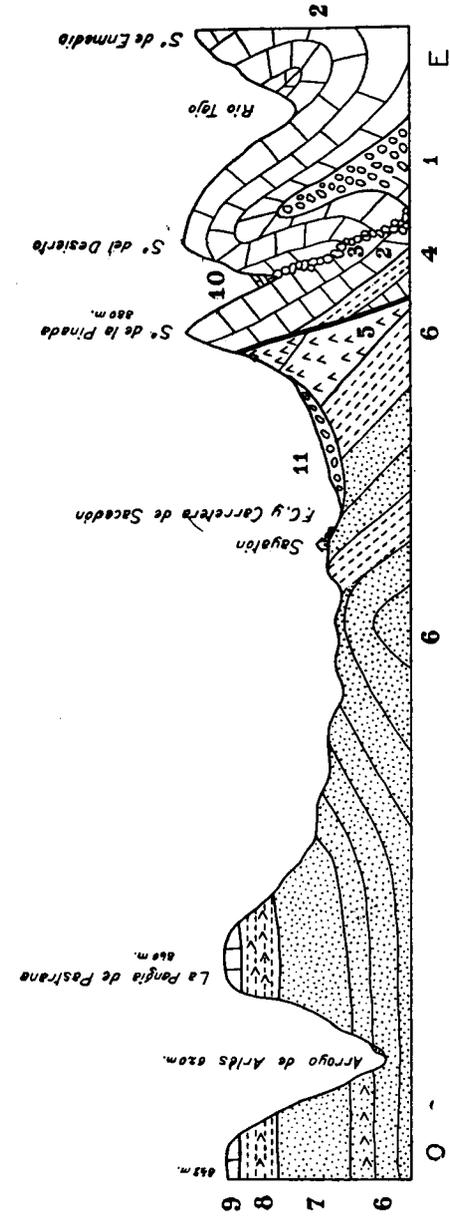


Fig. 4.<sup>a</sup>—Corte del Cretácico y del Terciario en Bolarque, Sayatón (Guadalajara): 1 a 4, Cretácico; 5 y 6, Paleógeno; 7 a 10, Mioceno; 11, Pleistoceno.

teniendo gran cantidad de Rudistas (*Hippurites*), especialmente en la cantera que hay junto al canal de las turbinas. (El bloque de mármol en que está labrada la pila bautismal de Bolarque ha sido extraído de esta cantera).

3) Brecha milonítica formada por la caliza 2.

4) Areniscas y margas grises con algún módulo de yeso sacaroideo.

5) Yesos en su mayoría recristalizados por las intensas presiones sufridas. Las calizas del 2, en contacto con ellos, muestran frecuentemente espejos y superficies de fricción.

6) Areniscas pardo rojizas en las que se intercalan arcillas y margas abigarradas con yesos cristalizados y sacaroideos. Las areniscas en algunos sitios muestran estratificación cruzada muy fuerte. En el cerro de la Cruz, en Sayatón, se presentan muy desarrolladas dichas arcillas y margas, conteniendo gran variedad de yesos, desde el fibroso en vetas al perfectamente cristalizado.

7) Arenas arcillosas o maciños con cierta semejanza con las anteriores de las que se separan difícilmente.

8) Margas grises con yesos en punta de lanza.

9) Calizas de los páramos con *Coretus thiollierei*, etc.

10) Calizas fétidas pontienses con *Melanopsis pachecoi* Royo, *Neritina bolivari* Royo, *Coretus thiollierei* (Mich.), etc.

11) Depósitos de ladera que pasan a formar terraza sobre el Tajo.

Las capas 1 a 4 pertenecen al Cretácico; las 5 y 6 al Paleógeno (Eoceno y Oligoceno); la 7, al Tortonense; la 8, al Sarmatiense; las 9 y 10, al Pontiense.

Al N. de Bolarque, en Sacedón, se ve el corte siguiente (fig. 5.<sup>a</sup>):

1) Calizas y molasas cretácicas en fuertes pliegues

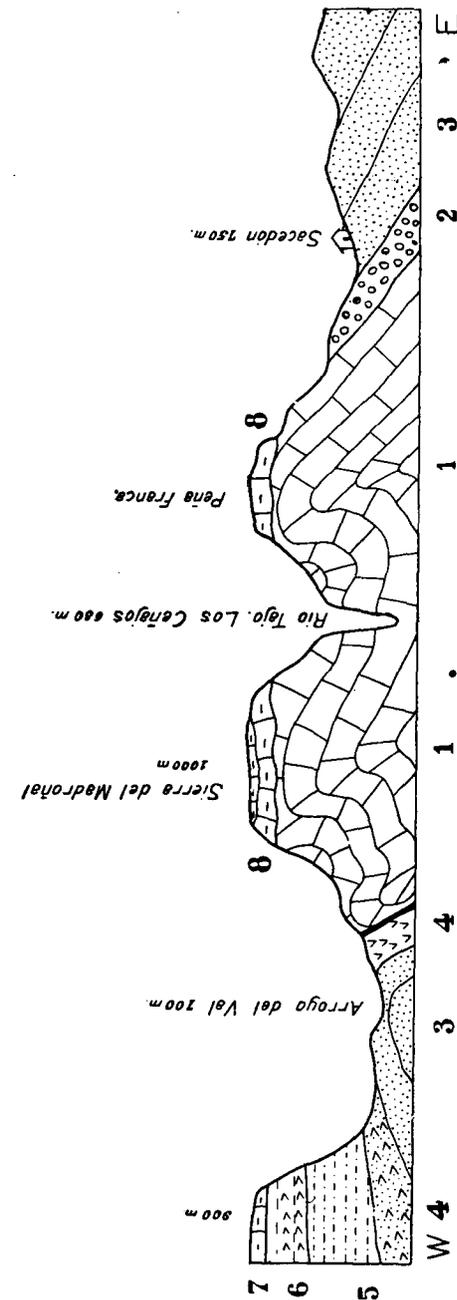


Fig. 5.<sup>a</sup>—Corte del Cretácico y del Terciario en Sacedón: 1, Cretácico; 2 a 4, Paleógeno; 5 a 8, Mioceno.

tumbados hacia el O., en las que el río Tajo y sus afluentes forman hoces profundas.

2) Conglomerados de base del Paleógeno (Eoceno). (Lámina III, fot. 2).

3) Arcosas de grano grueso paleógenas (Eoceno a Oligoceno).

4) Areniscas y yesos sacaroideos en parte recristalizados por las presiones orogénicas. Paleógeno (Oligoceno).

5) Areniscas y maciños rojos del Tortoniense.

6) Margas grises con yesos en punta de lanza del Sarmatiense.

7) Calizas de los páramos con moluscos fluviales y terrestres del Pontiense.

8) Las mismas calizas anteriores con Caráceas, *Neritina bolivari* Royo, *Bythinia*, etc.

Estos dos cortes nos demuestran que en la Sierra de Altomira, mientras por el E. el contacto de los conglomerados y arcosas paleógenas con el Cretácico es totalmente normal (lámina III, fot. 2), por el O. se hace mediante un pliegue inclinado y a veces fallado, por lo que se forma como una cobijadura que hace aparentar que los yesos y arcosas paleógenas se presentan inferiores a las calizas y molasas cretácicas. En la Sierra de la Pinada, en las canteras de su nombre, se ven espejos de falla; en la misma presa de Bolarque y en otros puntos aparecen milonitos, que vienen en apoyo de esos hechos. Por la dirección y arrumbamiento de los pliegues se ve claramente que el empuje que ha plegado a los estratos ha venido de levante como ya he indicado en otras ocasiones.

**Mioceno.**—La división hecha para el centro de la cuenca del Duero de arenas y arcillas en la base (Tortoniense), margas yesíferas en el medio (Sarmatiense) y

calizas en la cumbre (Pontiense) se puede ver bien por encima de la formación paleógena en la región de los Páramos, o sea, en gran parte de la Alcarria. En la margen izquierda del Henares no hay más que traspasar el escalón de arenas y arcillas rojas oligocenas para enseguida encontrar asentados sobre él a los altos con sus páramos formados por el clásico Mioceno integrado por esos tres horizontes en un espesor idéntico al de la cuenca del Duero <sup>1</sup>. La estratigrafía, sin embargo, varía enormemente cuando se la estudia en detalle, y en esto coincide también con la de Castilla la Vieja.

Mientras en la parte central o Alcarria son frecuentes

<sup>1</sup> En la cuenca del Duero por los estudios que realicé con el profesor Roman en las provincias de Salamanca y Zamora sobre los yacimientos de mamíferos eocenos y oligocenos (*C. R. Ac. Sc. Paris*, t. 175, pág. 1.221. 1922) y los que he continuado efectuando para relacionar esos estratos con los típicamente miocenos de Valladolid y Palencia, se ve que las arcosas con los vertebrados de la parte occidental de la cuenca, con una ligera inclinación, llegan hasta el interior transformándose poco a poco en arenas rojas y arcillas, del mismo modo que en la cuenca del Tajo. El cauce del Duero está labrado en ellas y no hay más que remontarlo desde Zamora para ver esto mismo. En Medina del Campo el cerro del Castillo está formado por las arcosas paleógenas y gran parte de lo señalado como Cuaternario en toda esta región es sencillamente el mismo Paleógeno o deshecho de él *in situ*. Sobre estas capas se apoyan los cerros y altos miocenos con los tres horizontes clásicos en un espesor aproximado de 150 metros, que puede alcanzar el de 200 cuando se conserva completo el piso pontiense como ocurre en Yudego (Burgos). También aquí esta división litológica del Mioceno es exacta para el centro de la cuenca, pero hacia los bordes, excepto en Burgos, desaparecen las margas y calizas y queda todo formado por arenas y arcillas. (Véase también, ROYO: *Terciario continental de Burgos; Guía del XIV Congreso Geológico Internacional*. Madrid, 1926).

las margas más o menos yesíferas y las calizas, hacia los bordes éstas desaparecen y quedan sustituidas por arenas, arcillas o aluviones. Es decir, podemos aquí distinguir, como en el Duero, una facies *detrítico-lacustre* que ocupa igualmente la parte media central desde el N. de Guadalajara, formada por conglomerados, arenas, arcillas, margas frecuentemente yesíferas y calizas tobáceas, y otra *detrítica* en la que estas dos últimas rocas faltan o son muy escasas.

Examinando los dos horizontes superiores que son los que contienen más sedimentos químicos, es decir, los llamados sarmatiense y pontiense, se puede observar perfectamente la poca constancia en la naturaleza de los estratos.

La variabilidad del horizonte llamado sarmatiense se ve en seguida con sólo fijarse en lo que ocurre en los alrededores de Alcalá de Henares, pues mientras que en el Viso y en el Ecce-Homo, aunque es margoso, no posee yesos y contiene arenas, hacia los Santos de la Humosa y Anchuelo es yesífero, y a medida que se avanza hacia el S., en Loeches, Camporreal, etc., se vuelve margoso calcáreo confundiendo totalmente con el horizonte calizo del Pontiense.

La zona de las calizas superiores o Pontiense también varía bastante; hacia el centro de la Alcarria está formada exclusivamente por calizas, mientras que desde el Tajuña al Henares se intercala un potente estrato hasta de 20 metros de espesor, de arenas muy semejantes a los aluviones más altos de los alrededores de Madrid, a las cuales se unen cantos de cuarcita, de granito, etc., que llegan a formar conglomerados en Torres, en el Viso, Ecce-Homo, los Santos de la Humosa, etc.

Este detalle tan importante de que en el interior de la

Alcarria, o sea, en la parte central de la cuenca predominan los sedimentos de origen químico y hacia el Henares sean detríticos, se acentúa más aún si traspasamos este río y nos acercamos al Jarama, y, por último, a la Sierra, pues allí se ve que los sedimentos químicos desaparecen totalmente y están sustituidos por un conjunto de arenas que en la base son muy arcillosas, principalmente de color gris verdoso, y en la parte superior son gris rojizas con cantos de granito, neis, pizarras metamórficas y cuarcitas, exactamente iguales a las que están señaladas como cuaternarias entre Madrid y el Guadarrama.

Estudiando el corte geológico que nos muestran los escarpes del Jarama, entre Paracuellos y la línea del ferrocarril de Guadalajara, se ve un conjunto de capas ligeramente inclinadas hacia el NO. formado en la base por las margas gris verdosas con yesos sacaroideos continuación de las de Vallecas, o sea, oligocenas, a las que siguen arcillas y arenas con gruesas capas de sílex y calcedonia, de las que se pasa a arenas gris verdosas muy potentes, y de ellas, insensiblemente, a otras más amarillo rojizas de grano grueso con cantos, principalmente, de granito, neis, pizarra y cuarzo, sobre las cuales viene ya la terraza cuaternaria de 100 m. con cantos de cuarcita y arenas rojas. La formación arenosa que acabo de indicar es la misma que en el Puente de Vallecas, cerca de Madrid, contiene al yacimiento de mamíferos sarmatienses dado a conocer por el Sr. Hernández-Pacheco, y en la misma Corte, junto a la Cárcel Modelo, en el cuartel del Infante Don Juan, los restos de *Testudo bolivari* que yo pude recoger y determinar (1921).

Estas arenas son las que forman toda la región occidental que he llamado de los términos transitorios, que en gran parte están confundidas con el Cuaternario. A

medida que se aproximan a la Cordillera Central se van cargando de mayores cantos de granito y de rocas propias de la zona más próxima de aquélla, tomando un aspecto de formación fluvio-glaciario con la cual ha sido confundida. Si no bastase la continuidad de los estratos para demostrar que siguen allí siendo miocenas, no hay más que acudir a las terrazas fluviales que las cubren, sobre todo entre Alcalá y Torrelaguna, que luego indicaré. Alguna de estas terrazas, por su altitud (las hay hasta de 150 m. sobre el cauce del Jarama), son seguramente pliocenas y están formadas *exclusivamente* por cantos de cuarcita, indicando que los ríos que las han originado tenían una dirección próximamente igual a los actuales, mientras aquellas arenas que están inmediatamente debajo, por contener cantos de granito y de neis, serían debidas a una red fluvial totalmente distinta a la que originó las terrazas y, por lo tanto, tienen que ser mucho más antiguas.

Como ya he dicho anteriormente, ocurre en la cuenca del Tajo lo mismo que en la del Duero; es decir, que mientras en el centro son las arcillas, las margas más o menos yesíferas y las calizas las que predominan, en los bordes son las arenas y cantos las que las sustituyen. Es casi seguro que esos grandes manchones cuaternarios que vemos en el Mapa actual, situados a uno y otro lado de la Cordillera Central y al S. de la Cantábrica, desaparecerán en gran parte cuando se los estudie debidamente o a lo sumo quedarán reducidos a una cubierta delgada de aluviones que recubra al Mioceno detrítico.

Cuando se confeccionó el actual Mapa Geológico de España tenían explicación lógica esos grandes manchones de potentes aluviones, situados a ambos lados de la Cor-

dillera Central y al S. de la Asturo-leonesa, pues entonces se creía que los glaciares de esta edad habían descendido mucho y que sus morrenas estaban representadas por aluviones de grandes cantos como los de Torrelodones; pero después de los estudios de Obermaier, Fernández Navarro, Carandell y Gómez de Larena, en que los límites de los glaciares han quedado a una altitud muy elevada y muy alejada de aquel potente manto de aluviones, la explicación de su formación se hace muy difícil si se les quiere seguir considerando como de aquella edad.

Las pruebas paleontológicas y estatigráficas vienen en apoyo de su inclusión en el Mioceno; pero, además, en esta edad hay una razón poderosa para que se originasen estas arenas, areniscas y conglomerados en espesores considerables, pues al principio de este período, antes del Tortoniense, se produjo la fase más intensa del movimiento alpino, la cual se dejó sentir muy bien hasta en el interior de la meseta (Royo, 1920 a 1926), y es un hecho bien sabido que después de un movimiento de esta naturaleza es cuando con más facilidad se producen potentes capas de conglomerados y de arenas.

Los estudios que actualmente vengo realizando con el Sr. Menéndez Puget nos han demostrado que los materiales cuaternarios constituyen terrazas bien manifiestas, pero no mantos continuos de gran espesor. La comarca comprendida entre los ríos Jarama y Henares es verdaderamente excepcional para estas investigaciones por ser un país típico de terrazas perfectamente conservadas y escalonadas.

RELACIONES DEL MIOCENO CON LOS TERRENOS INFRA-YACENTES.—En anteriores trabajos míos han sido ya estudiadas al detalle (1920, 1921, 1926 y 1927), por lo que ahora no haré más que citar los hechos más salientes.

En los bordes de la cuenca y, en general, allá donde el Paleógeno está plegado, las capas miocenas aparecen en franca discordancia angular con él y hasta con el Cretácico. En las inmediaciones de Cendejas de la Torre, Matillas y Jadraque (Guadalajara), sobre los conglomerados, areniscas y margas yesíferas plegadas viene el conjunto miocénico formado por arenas, arcillas, margas y calizas (Royo, 1926 y 1927). Esto mismo cita ya Prado (1864) de Cogolludo, y Castel (1880-1882) de diversos puntos de la misma provincia de Guadalajara. Entre Trillo y la Puerta, especialmente en Viana de Mondéjar (Guadalajara), sobre las mismas capas paleógenas anteriormente indicadas, igualmente muy plegadas, está el mismo conjunto miocénico casi horizontal integrando las Tetras de Viana y los Altos del Modorrón. Al N. de Sacedón se ve el corte de la figura 6.<sup>a</sup> en donde la discordancia es bien manifiesta. En diversos puntos de la Sierra de Altomira (meseta de Alocén, llano Tejero, sierra del Madroñal, Peña Franca, sierra de San Cristóbal, sierra de la Pinada, etc.) las calizas pontienses con moluscos se apoyan directamente sobre el Cretácico muy plegadas. En las cercanías de Torrelaguna, en Mirarrio, sobre las margas yesíferas paleógenas viene la formación, ya indicada, de aluviones gruesos e irregulares del Mioceno. En Valdemorillo (Madrid) el Cretácico, a causa de la erosión miocena, ha quedado reducido a un espesor pequeño formado por areniscas muy caoliníferas con lechos arcillosos y calcáreos; el Paleógeno ha desaparecido completamente, por lo que las arenas y cantos miocenos se apoyan directamente sobre aquél en discordancia angular.

Alejándose de las comarcas plegadas y entrando en el centro de las dos subcuencas separadas por Altomira, la

delimitación del Paleógeno y Mioceno se hace verdaderamente difícil. Las capas que en los bordes estaban en discordancia angular, al suavizarse los pliegues y quedar sensiblemente horizontales o débilmente onduladas, quedan en completa concordancia, y como la base del Mioceno está formada por el mismo deshecho de las rocas paleógenas, se pasa casi insensiblemente de las unas a las otras. La discordancia angular de los bordes se transfor-

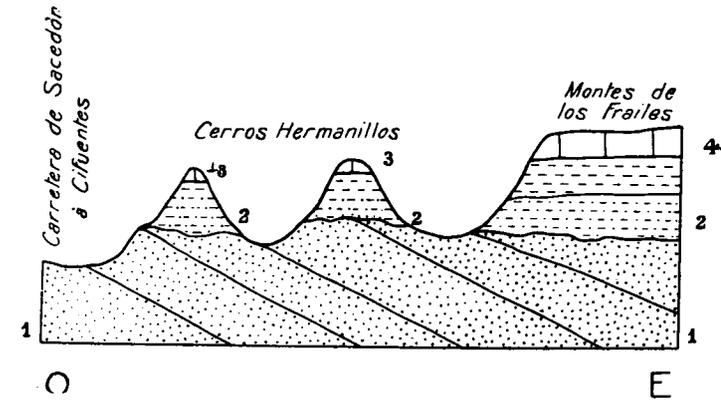


Fig. 6.<sup>a</sup>—Discordancia angular del Paleógeno (1) y Mioceno (2 a 4) al N. de Sacedón.

ma en lagunar o por falta de depósito, que unas veces produce una falsa concordancia y otras una discordancia por erosión. La falsa concordancia es la más frecuente, dificultando la separación, y si ésta la podemos hacer es solamente siguiendo las capas desde el borde hasta el interior recorriendo los cauces de los ríos (Henares, Tajo, etc.) y por la existencia de los yesos procedentes de la transformación de la anhidrita que con tanta abundancia ha aparecido en el sondeo de Alcalá. En algunos casos se ayuda esta separación por la observación de discordancias debidas a la erosión, las cuales son muy frecuentes entre Valdemoro y Aranjuez, como he indicado en otra oca-

sión (1926), de las que son una muestra las figuras 7.<sup>a</sup> y 8.<sup>a</sup>.

Pérez de Barradas en su memoria (1926) sobre los alrededores de Madrid presenta unos cortes geológicos que vienen a coincidir en gran parte con otros míos publicados al mismo tiempo; en ellos se muestra la superficie irregular de las margas yesíferas de Vallecas y Getafe sobre las cuales vienen las capas con la fauna sarmatiense de Madrid, pero lo atribuye a diferencias de espesor en los niveles debidas especialmente «a las erosiones contemporá-

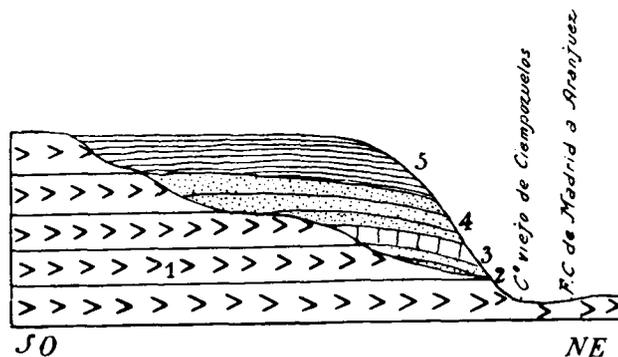


Fig. 7.<sup>a</sup>—Discordancias por erosión al S. de Valdemoro (Madrid) entre el Paleógeno (1) y el Mioceno (2 a 5).

neas al depósito que no se verificó de una manera continua».

**RELACIONES DEL MIOCENO CON EL CUATERNARIO.**—Al dar los caracteres generales del Mioceno ya he indicado que hay mucho Mioceno confundido con el Cuaternario por tener aspectos ambos muy semejantes sobre todo cuando aquél es de facies muy detrítica. El Cuaternario forma terrazas muy escalonadas en los valles de los ríos a las mismas altitudes que aparecen en el Ródano (Francia), en Italia, etc., alcanzando algunas de ellas los 150 m., por lo que es posible que las más altas sean ya en realidad pliocenas y, por tanto, mal se podrían haber formado sobre aluviones cuaternarios. Esto ocurre en gran parte

del manchón señalado como Cuaternario desde Naval-moral de la Mata hasta las cercanías de Cogolludo. No tiene tampoco razón de ser ese espesor mayor de 227 m. que se le quiere dar, y que Pérez de Barradas (1926) trata de explicar mediante hipótesis que no son admisibles, como indica el profesor Hernández-Pacheco en un trabajo reciente (1927).

El Sr. Gómez de Llarena en una intervención que tuvo en una de las sesiones de la sección de «Varios»

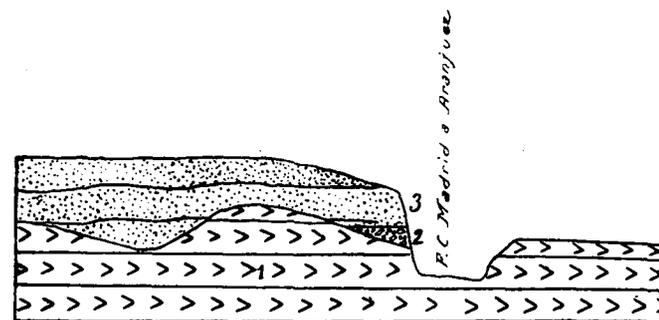


Fig. 8.<sup>a</sup>—Discordancia por erosión entre el Paleógeno (1) y el Mioceno (2 y 3), entre Valdemoro y Ciempozuelos (Madrid).

del XIV Congreso Geológico Internacional (1926, Madrid) con motivo de un trabajo del Sr. Hernández-Pacheco (F.), indicó ya sus dudas sobre la edad del llamado Cuaternario del norte de Toledo.

Por mi parte, he podido comprobar últimamente que se trata más bien de Paleógeno, intermedio entre los estratos del cerro de la Rosa y los de la base de los cerros de Villaluenga (Toledo).

**Paleontología del Mioceno.**—Los estratos de esta edad son en general pobres en fósiles, pues aunque desde mediados del siglo pasado se han encontrado algunos ya-

cimientos con numerosos restos de vertebrados y otros de moluscos, en realidad son muy pocos para la extensión que alcanzan aquellas capas. Respecto de los mamíferos, fuera de los alrededores de Madrid, no se conocen más que algunos yacimientos, seguramente porque no se ha explorado lo suficiente, y en cuanto a los moluscos, en estos últimos años llevo ya encontrados en tantos sitios que puede decirse que allá donde se conserva el horizonte calizo del Pontiense aparecen, por lo menos, moldes de aquéllos.

Por otra parte, excepto del yacimiento de vertebrados de La Puebla de Almoradier (Toledo) descrito por el profesor Hernández-Pacheco (1921), aunque desde hace muchos años se conocen otros, no hay todavía un estudio serio sobre ello, estando aún algunos de Madrid por excavar y con peligro de que se pierdan a causa del aumento de las construcciones. Las especies citadas, en su mayoría, no tienen más que un carácter provisional y esperan que se les haga una revisión seria, que fué ya iniciada por el Sr. Hernández-Pacheco (1914) y por Schlosser (1921). Sus restos se hallan repartidos entre las colecciones del Museo Nacional de Ciencias Naturales, del Instituto Geológico y del Museo Municipal de Madrid, cuyos ejemplares están casi todos por estudiar, y las del extranjero, en la colección Klipstein, de Calcuta y en la Bronn, de Cambridge (Norteamérica), que en parte han sido estudiadas por H. von Meyer y por Schlosser. En las sucesivas páginas reuniré los datos conocidos y las opiniones emitidas sobre ellos.

En cuanto a los moluscos, en 1922 publiqué una monografía sobre ellos, pero aunque procuré hacer un estudio cuidadoso, me faltaba material típico de comparación que no he podido conseguir hasta efectuar los viajes al extran-

jero que en estos últimos años he realizado, por lo tanto debo de hacer también una nueva revisión de las especies citadas, de las que daré aquí un avance. Además, en los últimos años se viene publicando la monumental obra del Dr. Wenz, *Gastropoda extramarina tertiaria*, del Fossilium Catalogus, en la que se revisan las especies citadas de todo el mundo, y muchos nombres que se daban como bien establecidos pasan a ser sinonimias, lo cual hace variar alguno de los que yo había admitido.

Al Dr. Wenz, de Francfort, que es uno de los principales especialistas de moluscos continentales terciarios, debo muy buenos consejos, y no sólo me concedió el honor de ver mis ejemplares y permitirme consultar su colección, sino que me obsequió con más de cien especies de sus duplicados. Igualmente me han aconsejado, entre otros, los profesores Depéret y Roman de Lyon y Mr. Sayn de Montvendre, especialistas en estos moluscos. A todos ellos deseo hacerles constar aquí mi más profundo agradecimiento.

Los fósiles que hasta ahora han aparecido en las capas miocenas de la cuenca alta del Tajo son los siguientes:

#### VEGETALES

*Caráceas*.—Oogonios y talos de diversas especies del *Pontiense* de La Hontanilla de Tarancón (Cuenca); Cerro de la Morala, en Pastrana; Peña Franca, Peña Ubilla y Sierra de San Cristóbal, en Sacedón; Muela de Alócén, Altos del Modorrón, en Cereceda, y Cendejas de la Torre (Guadalajara). Todas citadas por mí (1922-1927).

*Fanerógamas*.—Distintos restos en Grajaneros y Brihuega (Calderón, 1874); Pastrana y Sierra de San Cristóbal, en Sacedón (Guadalajara) (Royo, 1922). Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) (Royo, 1922).

## MOLUSCOS

*Neritina bolivari* Royo.—Sierra de la Pinada, en Sayatón; La Muela y la Zomera, en Alocén; Altos del Modorrón, en Cereceda; Pastrana; Peña Franca, en Sacedón (Guadalajara) (Royo, 1922). *Pontiense*.

*Cyclostoma* sp.—Torija (Guadalajara) (Ezquerria, 1850). Apeadero del Tajuña (Madrid) (Fernández Navarro, 1904). *Pontiense*.

*Valvata (Cincinna) schlosseri* Royo.—Hontanilla, en Tarancón (Cuenca). Sierra de San Cristóbal, en Sacedón (Guadalajara) (Royo, 1922). Corpa y Villalbilla (Madrid). *Pontiense*.

*Valvata (Valvata)* sp. nov.—Hontanilla, en Tarancón (Cuenca). *Pontiense*.

*Valvata* sp. nov.—Daimiel (Ciudad Real). *Pontiense*.

*Paludina*.—Con este antiguo nombre genérico se han citado sin determinar específicamente de las siguientes localidades: Ciudad Real (Cortázar, 1880); Viana de Mondéjar (Guadalajara) (Castel, 1881-1885); Colmenar de Oreja (Madrid) (Prado, 1864; Fernández Navarro, 1904). *Pontiense*.

*Viviparus* aff. *ventricosus* Sandberger.—Daimiel (Ciudad Real) (Royo, 1922). Cendejas de la Torre (Guadalajara) (Royo, 1927). *Pontiense*.

*Bythinia* aff. *tentaculata* Linneo (= *B. gracilis* Royo, non Sandberger).—La Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) (Royo, 1925). Valverde, Olmeda de la Cebolla, Corpa, Villalbilla y Camporreal (Madrid); moldes en Chinchón (Madrid) (Royo, 1922). *Pontiense*.

*Bythinia?* sp. nov.—Ocaña (Toledo). Loranca de Tajuña (Guadalajara). Perales y Morata de Tajuña, y entre

Orusco y Mondéjar (Madrid) (Royo, 1922). Prado cita y figura (1864) una *Paludina* de Colmenar de Oreja (Madrid) que seguramente es esta misma especie, así como la que de allí cita también el profesor Fernández Navarro (1904). *Pontiense*.

*Hydrobia schlosseri* nom. nov.—Es la misma *Hydrobia dubia* (Schlosser) (Royo, 1922), cuyo nombre debe de desaparecer a causa de que existe ya otra *H. dubia* Etheridge del Neógeno de Canama (Brasil) (*Quart. Journ. Geol. Soc. London*, XXXV, pág. 86, l. VII, f. 11). La dedico al especialista en mamíferos fósiles Dr. Schlosser, que fué el que la describió primeramente de Cueva Rubia (Teruel). Fuente de la Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) (Royo, 1922). Chinchón (Madrid); moldes en las calizas de Corpa y Villalbilla (Madrid) y del valle del Tajuña (Morata, Perales, Loranca, etc., de las provincias de Madrid, Guadalajara); Daimiel (Ciudad Real), y Ocaña (Toledo) (Royo, 1922). *Pontiense*.

*Hydrobia deydieri* Dep. et Sayn.—Daimiel (Ciudad Real) (Royo, 1922). *Pontiense*.

*Hydrobia calderoni* Royo.—Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) (Royo, 1922). *Pontiense*.

*Hydrobia romani* Royo.—Sierra de San Cristóbal, Sacedón (Guadalajara) (Royo, 1922). *Pontiense*.

*Melania cañamaresi* Royo.—Cendejas de la Torre (Guadalajara) (Royo, 1927). *Pontiense*.

*Melanopsis* sp.—Almadrones (Prado, 1864) y Yebes (Calderón, 1874) (Guadalajara). *Pontiense*.

*Melanopsis buccinoidea* Férussac?—Molina de Aragón (Guadalajara) (Ezquerria, 1850-59). *Pontiense?*

*Melanopsis kleini valentinensis* Font.—Anchuelo? (Madrid) y Lupiana (Guadalajara) (Dantin, 1917; Royo, 1922) *Sarmatiense*.—Guadalajara, Pastrana, Alocén, Sacedón,

Horche (Guadalajara) (Royo, 1922). Valverde y Corpa (Madrid). *Pontiense*.

*Melanopsis (Lyrcea) pachecoi* Royo.—Sierra de la Pinada, en Sayatón, sobre el Cretácico (Guadalajara) (Royo, 1922). *Pontiense*.

*Carychium pachychilus* Sandberger.—Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) (Royo, 1922). Camporreal (Madrid). *Pontiense*.

*Lymnaea* sp.—Barcience (Toledo) (Prado, 1864). Ciudad Real (Cortázar, 1880); Santa Cruz de Mudela (Ciudad Real) (Ezquerria, 1837-45). Viana de Mondéjar (Castel, 1885); Torija (Guadalajara) (Ezquerria, 1850). *Pontiense*.

*Lymnaea gouberti* Munier Chalmas?—Especie muy dudosa, citada por Cortázar (1875) de Atalaya de Cañavete (Cuenca). *Pontiense*.

*Galba bouilleti* Michaud (= *Lymnaea bouilleti* Mich.).—Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) (Royo, 1922). Morata y Perales de Tajuña, Colmenar de Oreja (Madrid) (Royo, 1922-27). *Pontiense*. La *Lymnaea longiscata*, citada por Cortázar (1875), de Priego y Tarancón (Cuenca), es probablemente esta especie (Royo, 1922).

*Galba* aff. *palustris* Lin.—Véase la Memoria particular de la Paleontología de la Hoja de Alcalá. Corpa, Olmeda de la Cebolla, Valverde (Madrid). Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) y Pastrana (Guadalajara). *Pontiense*.

*Radix (Radix) cucuronensis* Fontannes (= *Lymnaea cucuronensis* Font.).—Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) (Royo, 1922). Cendejas de la Torre (Guadalajara) (Royo, 1927). *Pontiense*.

*Radix (Radix) socialis dilatata* (Noulet) (= *Lymnaea larteti* Noul.).—Lupiana (Guadalajara) (Dantin, 1917; Royo, 1922). *Sarmatiense*.

*Physa?* sp.—Yebes (Guadalajara) (Calderón, 1874). *Pontiense*.

*Planorbis* sp.—Colmenar de Oreja (Madrid) (Prado, 1864; Fernández Navarro, 1904). Ciudad Real (Cortázar, 1880); Santa Cruz de Mudela (Ciudad Real) (Ezquerria, 1837-45). Viana de Mondéjar (Castel, 1880-85), Lupiana (Dantin, 1917) y Torija (Ezquerria, 1850) (Guadalajara). *Pontiense*.

*Planorbis planorbis planorbis* Lin. (= *Planorbis umbilicatus* Müll.).—Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) y Pastrana (Guadalajara) (Royo, 1922). *Pontiense*.

*Paraspira (Paraspira) mariae* Michaud (= *Planorbis mariae* Mich.).—Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) (Royo, 1922). *Pontiense*.

*Paraspira (Paraspira) matheroni* (Fischer et Tournouer) (= *Planorbis matheroni* Fisch. et Tourn.).—Lupiana, Cereceda? (Royo, 1922), Cendejas de la Torre (Guadalajara) (Royo, 1927) y Corpa (Madrid). *Pontiense*.

*Coretus thiollierei* Michaud (= *Planorbis thiollierei* Mich.).—Ocaña (Royo, 1922) (Toledo). Cerro de la Morala, en Pastrana; Sierra de la Pinada, en Sayatón; Sierra de San Cristóbal, en Sacedón; Muela de Alócén, Horche y Cendejas de la Torre (Guadalajara) (Royo, 1922-27). Daimiel (Ciudad Real) (Royo, 1922). Chinchón, Morata y Perales de Tajuña (Royo, 1922), Corpa, Olmeda de la Cebolla y Valverde (Madrid) y en general, aunque no sea más que al estado de moldes, en todas las calizas de los páramos (valle del Tajuña, etc). A ella deben de referirse los ejemplares citados como *Planorbis corneus*, por Cortázar (1875), de Atalaya de Cañavete (Cuenca) y por Ezquerria (1850-59), de Molina de Aragón (Guadalajara) y como *Planorbis cornu*, por Cortázar (1875-77), de Priego (Cuenca).

*Pseudancylus* sp. nov. (= *Ancylus deperditus* Royo, non Desm.).—Sierra de San Cristóbal, en Sacedón (Guadalajara) (Royo, 1922). *Pontiense*.

*Ancylus michaudi* Loc.—Cendejas de la Torre (Guadalajara) (Royo, 1927). *Pontiense*.

*Poiretia (Palaeoglandina) gracilis aquensis* (Matheron) (= *Glandina aquensis* Math.).—Colmenar de Oreja y Pozuelo del Rey (Madrid). *Pontiense*. Con toda probabilidad se refiere a esta especie el molde figurado y citado por Prado como de *Lymnaea* (1864, lám. IV, figs. 1 y 2).

*Helix* sp.—Ciudad Real (Cortázar, 1880). *Pontiense*.

*Helix* sp. nov.?—Cendejas de la Torre (Guadalajara) (Royo, 1927) y cerro del Viso? en Alcalá de Henares (Madrid). *Pontiense*.

*Cepaea christoli* (Matheron) (= *Helix christoli* Math.). Hontanilla, en Tarancón (Cuenca). Daimiel (Ciudad Real) y La Mancha (Royo, 1922). Corpa, Valverde y Camporreal (Madrid). *Pontiense*.

*Hemicycla gualinoi* (Michaud) (= *Helix gualinoi* Mich.). Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) (Royo, 1922). Morata de Tajuña, Chinchón, de Orusco a Mondéjar (Royo, 1922), Valverde, Camporreal, Corpa, Pozuelo del Rey y Olmeda de la Cebolla (Madrid). *Pontiense*.

*Patula wenzi* Royo.—Véase la Paleontología particular de la Hoja de Alcalá. Valverde y Corpa (Madrid). *Pontiense*.

*Strobilops?* sp.—Véase la Paleontología particular de la Hoja de Alcalá. Corpa (Madrid). *Pontiense*.

*Bulimus?* sp.—Lupiana (Guadalajara) (Dantin, 1917). *Sarmatiense*.

*Vertigo (Vertigo) callosa diversidens* (Sandberger) (= *Vertigo diversidens* Sandb.).—Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) (Royo, 1922). *Pontiense*.

*Gastrocopta (Albinula) acuminata larteti* (Dupuy) (= *Vertigo larteti* Dup.).—La Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) (Royo, 1922). Camporreal (Madrid). *Pontiense*.

*Succinea (Amphibina) primaeva* Matheron.—La Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) (Royo, 1922). Olmeda de la Cebolla (Madrid). *Pontiense*.

*Unio* sp.—Margas yesíferas de la cañada de Valdibáñez, en Anchuelo (Madrid). *Sarmatiense a Pontiense*.

*Unio margaritifera* L.?—Lo cita Ezquerro de Balmoro (Guadalajara) (1850-29).

*Pisidium macphersoni* Royo.—La Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) (Royo, 1922). Loranca de Tajuña (Guadalajara) (Royo, 1922). *Pontiense*.

#### CRUSTÁCEOS

*Cypris* sp.—Altos del Modorrón, en Cereceda (Royo, 1922) y Cendejas de la Torre (Royo, 1927) (Guadalajara). *Pontiense*.

#### PECES

*Leuciscus pachecoi* Royo? —Cendejas de la Torre (Guadalajara) (Royo, 1927). *Pontiense*.

#### REPTILES

*Testudo bolivari* Hernández-Pacheco (E.).—Especie de gran tamaño creada en 1917, pero aún no descrita, sobre la cual me extenderé más en la parte descriptiva de la Hoja de Alcalá de Henares. Fué dada primeramente como *Testudo* aff. *perpiniana* Gaudry (Hernández-Pacheco, 1914).

Madrid: sin precisar el sitio exacto, cita Prado (1864) un resto de tortuga terrestre, así clasificado por el doctor Falconer, que por su tamaño debía pertenecer a esta especie. El profesor D. Ignacio Bolívar (1872), encontró

un caparazón casi completo en el arroyo de los Meaques de la Casa de Campo. Han aparecido restos en las obras del cuartel del Infante D. Juan (Royo, 1921), en el Puente de la Princesa (Hernández-Pacheco, E., 1921) y en el Puente de los Franceses (Hernández-Pacheco, F., 1926).

Cerro de Almodóvar, en Vallecas (Madrid): Los Señores Zulueta y Amoedo (1906) encontraron huesos y gran parte del caparazón de un ejemplar que es el que de más antiguo se conserva en el Museo Nacional de Ciencias Naturales. (El de la Casa de Campo fué extraído cuidadosamente por el Sr. Bolívar pero llevado al Museo, se estropeó al ser preparado por la persona encargada de ello).

Alcalá de Henares (Madrid): Descubierta por el señor Hernández-Pacheco (1917) el yacimiento del barranco de los Mártires, exploramos y excavamos entonces ejemplares en la parte comprendida entre la cuesta de Zulema y el cerro del Viso; últimamente, con motivo del estudio de la Hoja de Alcalá, he reconocido con el señor Menéndez Puget esa misma zona y además su continuación hasta los Santos de la Humosa que no se había hecho aún, encontrando varios ejemplares nuevos.

Cerro de Villaluenga (Toledo): Hace varios años encontré algunos restos en la base del cerro del Aguila.

Ciruela (Guadalajara): Seguramente se refieren a esta especie los restos citados por Castel (1885).

Los Santos de la Humosa (Guadalajara): A esta especie deben referirse los restos descubiertos por los señores Fernández Navarro y Carandell (1914) y cuyo yacimiento estudió luego el Sr. Hernández-Pacheco (1917).

Todos los yacimientos corresponden al *Tortoniense-Sarmatiense*.

*Testudo* sp.—Restos de ejemplares pequeños que no

permiten por su estado asegurar si son individuos jóvenes de *T. bolivari* o si son de otras formas, se han encontrado en las localidades siguientes: Parla (Madrid) (Fernández Navarro y Hernández-Pacheco, 1914); cerro de los Angeles, en Getafe (Madrid) (Hernández-Pacheco y Royo, 1916); Ecce-Homo, en Alcalá de Henares (Madrid) (los he encontrado con el Sr. Menéndez Puget, en el nivel de la *T. bolivari*); Illescas (Toledo) (Fernández Navarro y Hernández-Pacheco, 1914). *Tortoniense-Sarmatiense*.

#### AVES.

Porciones de hueso y huevos en La Puebla de Almoradier (Toledo) (Hernández-Pacheco, 1914, 1921). *Pontiense*.

#### MAMÍFEROS.

*Hyaena eximia* Roth. et Wagn.—La Puebla de Almoradier (Toledo) (Hernández-Pacheco, 1921). Margas yesíferas *pontienses*.

*Machairodus* Kaup?—Madrid; Prado (1864) lo cita con duda y así lo dejan los Sres. Hernández-Pacheco (1914) y Schlosser (1921). *Sarmatiense*.

*Cricetodon?* sp.—Véase la Paleontología particular de la Hoja de Alcalá. Camporreal (Madrid), *Pontiense*.

*Lagomys peñai* Royo.—Véase la Paleontología particular de la Hoja de Alcalá. Barranco de los Mártires, en Alcalá de Henares (Madrid). *Tortoniense-Sarmatiense*.

*Rhinoceros matritensis* Lartet.—Puente de Toledo (Madrid) (Prado, 1864). Stehlin considera que esta especie no está justificada (Hernández-Pacheco, 1914). Schlosser (1921) cree que se trata probablemente del *Rh. simorreensis* aunque más tarde, examinando las figu-

ras 5.<sup>a</sup> y 9.<sup>a</sup> de la lámina 3.<sup>a</sup> de la obra de Prado, la considera como *Rh. sansaniensis* (Pérez de Barradas, 1926). *Sarmatiense*.

*Rhinoceros* sp. nov.?—Cendejas de la Torre (Guadalajara) (Royo, 1927). *Pontiense*.

*Rhinoceros* sp.—Brihuega (Guadalajara); son restos que Gervais (1853) dice que estaban en poder de Prado.

*Anchitherium aurelianense* Meyer.—Central de la Sociedad Hidroeléctrica Española (Hernández-Pacheco, E., 1921) y Puente de los Franceses (Hernández-Pacheco, F., 1926) en Madrid. *Sarmatiense*.

*Anchitherium aurelianense* var. *ezquerrae* von Meyer.—Puente de Toledo, Madrid. Fué descrita como *Palaeotherium Ezquerrae* por H. von Meyer (1840) y citada como *A. Ezquerrae* (Ezquerria, 1845) y *P. aurelianense* (Kaup 1844). Ni Gervais, Pictet, Lartet, Prado (1864) admiten tal especie como diferente del *A. aurelianense* y Hernández-Pacheco (1914) la considera como una variedad. Schlosser la cita como especie (1921) de la colección de Klipstein. *Sarmatiense*.

*Hipparion gracile* Kaup.—Valdelaguna, cerca de Colmenar de Oreja (Madrid) (Prado, 1864); bajo las calizas, en el cerro de la Cruz, en Puebla de Almenara (Cortázar, 1875); Cendejas de la Torre (Guadalajara) (Royo, 1927). *Pontiense*.

*Hipparion gracile rocinantis* Hernández-Pacheco.—En las margas yesíferas de La Puebla de Almoradier (Toledo) (Hernández-Pacheco, 1914-21). Según Schlosser (1922) se trata de una raza local de *H. gracile*. *Pontiense*.

*Caenotherium* Brav.?—De la provincia de Toledo y de Villaviciosa, cerca de Brihuega (Guadalajara), lo citan Gervais (1852), Prado (1864) y Castel (1885). Hernández-Pacheco (1914), como Gervais, opina que deben de refe-

rirse a él el *Anoplotherium murinum*, citado por Ezquerria de San Isidro, aunque también considera como dudosa la determinación de aquél. Schlosser (1921) cree que se trata de un pequeño Paleoméricido y seguramente tendrá razón, pues aquel género es propio del Oligoceno y del Mioceno muy inferior y el yacimiento de donde procede es del *Sarmatiense*.

*Micromeryx* Lartet?—(Véase *Palaeoplatyceros*).

*Palaeomeryx bojani* Meyer.—Puente de Toledo (Madrid) (Prado, 1864, lám. IV, fig. 9.<sup>a</sup>). El Sr. Hernández-Pacheco (1914) lo considera más bien como un antilope, mientras que Schlosser (1921) dice que la especie es problemática pero que el género es probable (Pérez de Barradas, 1926). *Sarmatiense*.

*Dicrocerus* Lart.—(Véase *Palaeoplatyceros*).

*Dicrocerus elegans* Lart.—Procedentes de Madrid existen restos en la colección Klipstein (Schlosser, 1921). De Madrid cita Ezquerria (1845) *Palaeomeryx Scheuzeri* Pomel, cuya especie no admite el Sr. Hernández-Pacheco (1914) y Schlosser la considera mejor como *Dicrocerus elegans* (1921).

Del Puente de Toledo (Madrid), cita Prado y representa varios molares como de *Palaeomeryx* (1864, figuras 8.<sup>a</sup> a 10, lám. IV), de las cuales las figs. 8.<sup>a</sup> y 10, según Hernández-Pacheco pueden ser de *Dicrocerus*, pero Stehlin (Hernández-Pacheco, 1914) y Schlosser (1921) las dan ya como de *D. elegans*. Posteriormente, sin embargo, Schlosser cree que se trata más bien de *Cervus* (Pérez de Barradas, 1926). *Sarmatiense*.

*Palaeoplatyceros* Hernández-Pacheco?—El Sr. Hernández-Pacheco (1921) indica la existencia en el Puente de Vallecas y en la Central de la Hidroeléctrica Española, en Madrid, de dientes que pueden ser del tipo de este

género o del *Dicrocerus* y aun de *Micromeryx*. *Sarmatiense*.

*Cervus*.—Barcience (Toledo) (Calderón, 1877); Puente de Toledo, en Madrid; según Schlosser (Pérez de Barradas, 1926) pertenecen a este género los molares representados por Prado (1864, lám. IV, figs. 8.<sup>a</sup> y 10) como de *Palaeomeryx*, así como dos molares superiores, uno inferior y un fragmento de asta de la colección Klipstein (Pérez de Barradas, 1926). *Sarmatiense*.

*Cervus matritensis* Ezquerria.—Cerro de San Isidro (Madrid) (Ezquerria, 1840). Como no hay descripción ni figura de la especie no se puede emitir juicio sobre ella (Hernández-Pacheco, 1914). *Sarmatiense*.

*Gazella deperdita* Gervais.—La Puebla de Almoradier (Toledo) (Hernández-Pacheco, 1921). En las margas yesíferas *pontienses*.

*Palaeoryx* Gaudry?—Cendejas de la Torre (Guadalajara) (Royo, 1927). *Pontiense*.

*Mastodon angustidens* Cuv.—Madrid: Puente de Toledo (Ezquerria, 1851; Blainville, 1852; Gervais, 1853; Prado, 1864); desmonte a un kilómetro, al E. del Convento de Atocha, hoy Panteón de hombres ilustres (Prado, 1864); cerro de la Plata (Azpeitia, 1903). Ciruela (Guadalajara) (Castel, 1885). Villaviciosa cerca de Brihuega (Guadalajara) (Prado, 1864; Castel, 1885). Cabañas de la Sagra (Toledo); según Cortázar (1878) fué encontrado por Prado, citándolo también así Mallada (1907), pero posteriormente este autor y Dupuy de Lôme (1912) lo consideraron como *M. longirostris*. *Sarmatiense*.

*Mastodon angustidens* Cuv. var. *pyrenaicus* Lart.—Según Schlosser (1921), pertenecen a esta forma los que han sido citados como *M. longirostris*, del Puente de Toledo (Madrid) (Ezquerria, 1840; Gervais, 1853; Hernán-

dez-Pacheco, 1914), ya que es muy parecida a ella pero algo más antigua. Probablemente corresponderán igualmente a esta variedad los señalados como aquella especie de la Central de la Sociedad Hidroeléctrica Española, en Madrid (Hernández-Pacheco, 1921). *Sarmatiense*.

*Mastodon longirostris* Kaup.—Valdelaguna, cerca de Colmenar de Oreja; probablemente se refiere a esta especie el *M. angustidens* citado por Prado (1864) de allí, ya que fué encontrado juntamente con *Hipparion gracile*. En la cumbre de los cerros de Villaluenga (Toledo) encontró el Sr. Hoyos restos que han sido atribuidos a esta especie (Mallada y Dupuy de Lôme, 1912), pero que también podrían pertenecer a *M. angustidens* var. *pyrenaicus*. De Olias (Toledo) lo cita Prado (1858). Cendejas de la Torre (Guadalajara) (Royo, 1927). *Pontiense*; tránsitos al *Sarmatiense* en el caso de Villaluenga.

Véase además lo dicho al hablar del *M. angustidens* var. *pyrenaicus*.

*Mastodon turicensis* Cuv.—Según el Sr. Hernández-Pacheco (1914) deben referirse a esta especie todos los señalados como de *M. tapiroides*, del Puente de Toledo (Prado, 1864) y del cerro de la Plata, en Madrid (Azpeitia, 1903). Schlosser cree también en la posibilidad de la existencia de aquella especie. Pérez de Barradas (1926) lo cita con los nombres de *M. turiscidens* y *M. tapiroides*. *Sarmatiense*.

De Cendejas de la Torre (Guadalajara) he citado fragmentos de molares que pudieran ser de esta especie o de una afine (Royo, 1927). *Pontiense*.

*Mastodon* sp.—San Isidro, en Madrid. Como *Mastodon giganteus* Cuv. cita Ezquerria (1845) restos encontrados allí, pero esta especie, como ha indicado el Sr. Hernández-Pacheco (1914), pertenece al Plioceno de Améri-

ca del Norte y probablemente lo que ocurrirá es que aquellos restos corresponderán a alguna de las especies anteriormente reseñadas. *Sarmatiense*.

*Listriodon lockarti* Pomel.—Puente de Toledo, en Madrid; Prado lo cita como probable *Sus Lockarti* (1864) y Stehlin (Hernández-Pacheco, 1914) dice que por las figuras de la obra de Prado, dudosamente se puede diferenciar esta especie de *Sus palaeochoerus* Kaup. Schlosser considera como de *L. lockarti* el molar de la lám. IV, figura 11 de la obra de Prado (1864) y como último molar de leche inferior izquierdo de *Sus* al de la fig. 19 de la lámina III (Pérez de Barradas, 1926). *Sarmatiense*.

*Listriodon splendens* Meyer.—Base del cerro de San Isidro, en Madrid; Schlosser (1921) indica un molar izquierdo, una falange y un lunar de la colección Klipstein que podría pertenecer a esta especie. *Sarmatiense*.

Jadraque (Guadalajara), Dantin (1924) estudia de allí un M<sup>2</sup> derecho que lo refiere al *Tortoniense* (?).

*Sus palaeochoerus* Kaup.—Base del Cerro de San Isidro, en Madrid (Ezquerria, 1840-50; Prado, 1864; Hernández-Pacheco, 1914; Schlosser, 1921; Pérez de Barradas, 1926). Del mismo yacimiento se ha citado *Choeropotamus matritensis* Ezquerria (Kaup, 1840), pero Gervais (1853) cree que se trata más bien de un *Sus*; Hernández-Pacheco (1914) lo deja con duda y por último Schlosser (1921) lo considera como idéntico a *Sus palaeochoerus* o a *S. simorreense*, en lo cual probablemente estará en lo cierto ya que aquel género es propio del Eoceno superior y éste es del *Sarmatiense*. (Véase además lo dicho sobre *Listriodon lockarti* y sobre *Sus talla major* y *antiquus*.)

*Sus talla major* y *antiquus*.—Madrid (Gervais, 1853; Hernández-Pacheco, 1914; Pérez de Barradas, 1926). Schlosser cree que se trata de *Sus palaeochoerus* (1921). *Sarmatiense*.

**Clasificación del Mioceno.**—El primero en señalar pisos dentro del Mioceno de esta cuenca, aunque valiéndose sólo de la bibliografía, ha sido Douvillé, R. (1911), el cual, tomando como base un corte geológico del Terciario de los alrededores de Madrid del profesor Fernández Navarro (1904), los moluscos marinos de Toledo y los mamíferos que se habían señalado en Madrid y Valdellagua por Prado, incluye en el Oligoceno parte de las margas gris verdosas yesíferas que en Madrid aparecen formando la base; en el Mioceno medio (*Tortoniense* y *Sarmatiense*) las margas con los yacimientos de mamíferos de Madrid, más las areniscas, silex, sepiolita, etc., que los acompañan; y en el Mioceno superior (*Pontiense*) las calizas superiores.

El Sr. Hernández-Pacheco (1914) incluye también en el *Sarmatiense* la fauna de mamíferos de Madrid y en el *Pontiense* la descubierta en La Puebla de Almoradier (Toledo), con lo que se hace ya extensiva a la cuenca del Tajo la clasificación por él adoptada para el centro de la del Duero (Palencia).

En 1922, en mi memoria de conjunto sobre el Mioceno continental ibérico admití esta clasificación de los tres horizontes: areniscas o arenas coherentes y arcillas rojas (*Tortoniense*), margas y arcillas yesíferas grises, verdosas y aun rojizas (*Sarmatiense*) y calizas que pueden ir acompañadas de conglomerados y de margas (*Pontiense*). En esta división aún incluía en el *Sarmatiense* a todas las margas yesíferas siguiendo las ideas entonces dominantes ya que no había notado todavía los hechos actualmente observados y que me han hecho variar de opinión (1926).

Ahora bien, estudiando en el terreno el Mioceno, esa clasificación resulta algo difícil de llevar a la práctica

puesto que se pasa insensiblemente de unos estratos a otros y las rocas que se dan como características de un piso pueden desaparecer y hasta encontrarse en otro. Por otra parte, el yacimiento de mamíferos de Palencia que se había tomado por el Sr. Hernández-Pacheco como tipo para la separación del Tortonense y Sarmatiense, ya que lo incluía en el Tortonense superior, actualmente tampoco puede utilizarse, pues el mismo profesor, en su guía de Aranjuez (1926), aunque empieza dándolo como Tortonense superior (págs. 22 y 27), lo incluye en seguida en el Sarmatiense, como yacimiento muy típico de él (pág. 27), lo mismo que el horizonte de *Testudo bolivari*.

En realidad, estas dudas sobre los dos pisos Tortonense y Sarmatiense son muy naturales, pues las especies de mamíferos hasta ahora encontradas en estos niveles no bastan para separarlos como ha indicado también el Dr. Schlosser, de Munich (1921), y por tanto si nos falta la base paleontológica todo lo demás cae por su propio peso. Hay que manifestar que muchos autores consideran al Sarmatiense como la facies salobre o continental del Tortonense, que sería siempre marino y así se ve, por ejemplo, en el valle del Ródano, en la comarca típica del monte Leberón, que del Tortonense marino se pasa al Pontiense con *Hipparion gracile* sin el intermedio del Sarmatiense. El Dr. Schlosser (1921), considera como del Sarmatiense a todos los yacimientos españoles de estos horizontes, incluso al de Palencia.

En cuanto a la edad Pontiense es innegable su existencia, pero su separación estatigráfica del Sarmatiense es absolutamente imposible; por ello, a pesar de que la mayoría de los geólogos extranjeros incluyen este piso en el Plioceno, nosotros, siguiendo al profesor Déperet, lo dejamos aún como Mioceno superior. Las calizas de los

páramos son las que se han tomado siempre como tipo del piso, pero a decir verdad no había razones ciertas hasta el reciente estudio preliminar efectuado por mí del yacimiento de mamíferos de Cendejas de la Torre (Guadalajara), único de las cuencas del Tajo y Duero que se encuentra en dichas calizas, pues todos los restos de *Hipparion gracile* anteriormente aparecidos (Valdelaguna, Puebla de Almenara y Puebla de Almoradier, en la del Tajo, y Carrión de los Condes y Saldaña, en la del Dueo) lo habían sido en arenas y en margas yesíferas, inferiores a veces a las mismas calizas de los páramos. Lo que se tomaba como base, principalmente, eran los moluscos, tan frecuentes en las calizas, determinados en su mayoría por mí; pero debemos de indicar que esto no bastaba, pues muchas de sus especies pasan también al Plioceno inferior en la cuenca del Ródano.

Como he dicho, la separación del Sarmatiense y el Pontiense es absolutamente imposible por pasarse insensiblemente del uno al otro, pero a esto hay que agregar aún otro hecho importante. Se ha dado siempre como roca típica del Sarmatiense a las margas yesíferas superiores a los niveles de *Testudo* y a los yacimientos de mamíferos con *Mastodon angustidens* (Palencia, Valladolid, etc.); pero en honor a la verdad hay que decir que hasta ahora no se han encontrado en ellas ningún resto fósil que confirme esa edad; es más, los pocos mamíferos aparecidos (La Puebla de Almoradier) pertenecen al Pontiense y obligarían más bien a incluirlas en este piso<sup>1</sup>. Sin embargo,

<sup>1</sup> Ya en prensa esta memoria he podido explorar dos nuevos yacimientos de mamíferos en la provincia de Valladolid (Portillo y Pedrajas de San Esteban) que son los primeros que han aparecido en las capas de yeso dadas como sarmatienses. La especie más

el no haberse podido relacionar estratigráficamente las margas yesíferas con *Hipparion* de la Puebla de Almoradier con las que en la Alcarria aparecen por debajo de las calizas de los páramos y por encima de los horizontes de la *Testudo*, impide aún el darlas a todas como del Pontiense.

Después de lo dicho se comprenderán las dificultades aún existentes para fijar y delimitar de un modo exacto los pisos del Mioceno de la Meseta. Lo único que puede decirse sin miedo a equivocarse es que existen los pisos Sarmatiense y Pontiense, y que probablemente existirá también el Tortoniense si lo consideramos como distinto del primero; pero querer fijar en donde empieza y termina cada uno, en el estado actual de nuestros conocimientos del Terciario español, es totalmente imposible, y todo lo que sobre ello se diga no puede darse más que con carácter provisional.

Cuando uno en sus estudios no se sale de una pequeña comarca, como, por ejemplo, Madrid o sus alrededores, se le puede dar al problema del Terciario soluciones a primera vista satisfactorias; pero al pretender estudiarlo con detenimiento y recorrer las cuencas en detalle, es cuando se empieza a formar idea del conjunto, y se ven las dificultades y lo complejo de este estudio, desapareciendo la simplicidad de estructura que siempre se le ha querido dar.

**¿Existe Plioceno en la cuenca del Tajo?**—Hasta ahora no se ha hablado más que de la existencia del Paleógeno y del Mioceno, pero el Plioceno se daba como in-

abundante parece pertenecer a un *Palaeoryx* igual al encontrado por mí en el Pontiense de Cendejas de la Torre (Guadalajara), en cuyo caso esas margas tendrían que incluirse en esta edad en vez de la que se les viene asignando, confirmando lo expuesto más arriba.

existente o se dejaba como no señalado. Los estudios modernos sobre las terrazas fluviales dan una posibilidad a la presencia de materiales de este período, ya que a las terrazas más altas de cien metros sobre el cauce del río se las va considerando como de esta edad. Entre el valle del Henares y del Jarama aparece muy desarrollada una terraza cuyos bordes están a los ciento cincuenta metros por término medio, de modo que ésta habría que darla como Plioceno; sin embargo, en espera de estudios y descubrimientos que reafirmen la edad la dejaremos como pleistocena aunque apuntando el hecho.

Aún hay otro dato que, aunque no está totalmente dilucidado, deja, también, probabilidades de la existencia de fauna de mamíferos. Me refiero al yacimiento de Valverde de Calatrava (Ciudad Real) aparecido debajo de las formaciones volcánicas de aquella comarca y estudiado por el profesor Hernández-Pacheco (1921). Por las especies determinadas (*Elephas meridionalis*, *Hippopotamus amphibius* subesp. *major*, *Equus caballus fossilis* y *Cervus* sp.) considera el yacimiento como perteneciente al Cuaternario, y más particularmente al segundo período interglaciario, con lo cual cabría la posibilidad de que parte de las erupciones volcánicas de las Campos de Calatrava las hubiera presenciado el hombre. Pero posteriormente el profesor Schlosser, de Munich (1922), por el examen de las excelentes figuras de aquel interesante trabajo, cree que las especies representadas son, además de *Elephas meridionalis* e *Hippopotamus amphibius* subesp. *major*, el *Equus mosbachensis*, el *Cervus dicranius* y el *Bos etruscus* por lo que cree que se trata del Plioceno superior. De todos modos estas capas no se han podido relacionar estratigráficamente con las restantes del Terciario y Cuaternario, y, por lo tanto, hay que esperar que nuevas investigacio-

nes permitan fijar la existencia del Plioceno en la submeseta del Tajo de un modo que no deje ya lugar a dudas.

**Clasificación general del Terciario de la Cuenca del Tajo.**—Resumiendo lo anteriormente dicho y haciendo constar las salvedades ya indicadas, voy a tratar de hacer una clasificación de este Terciario señalando la sucesión de los estratos y sus variaciones laterales, según se trate del interior o del borde de la cuenca.

PALEÓGENO (Eoceno y Oligoceno).

A) Conglomerados, arcosas y areniscas de grano grueso, arcillas rojas y margas gris verdosas con yesos sacaroideos procedentes de la transformación de la anhidrita; capas plegadas concordantes aparentemente con el Cretácico (Venturadá, La Toba, Cendejas de la Torre, Cifuentes a Viana de Mondéjar, Sacedón a Vellisca, etc.). Por lo que se ha visto en el sondeo de Alcalá pueden corresponder estas capas al Eoceno cuyo espesor, que pasa de 400 metros, no se puede aún fijar.

B) Areniscas arcillosas y micáceas rojas y verdosas, de grano grueso en el borde de la cuenca y generalmente fino hacia el centro, arcillas plásticas rojizas, con o sin yesos cristalizados, y margas gris verdosas con masas de yesos en cristales bacilares y nódulos sacaroideos procedentes de la transformación de la anhidrita que en tanta abundancia ha aparecido en el sondeo de Alcalá. Son frecuentes las eflorescencias y los minerales solubles sódicos y magnésicos (Thenardita, Glauberita, Epsomita, Sal gema). En la base y formando parte del nivel superior del horizonte anterior, capas margoso-calcáreas, a veces fétidas, con restos de Caráceas, Fanerógamas, Moluscos (*Coretus cornu cornu*, *Gyraulus polycymus*, *Lymnaea acuminata acuminata*, *Hydrobia* sp., etc.), Crustáceos (*Cy-*

*pris*) y Peces (*Leuciscus kindelani*). Espesor, unos seiscientos metros o más. El sondeo de Alcalá está en gran parte hecho en este terreno, habiendo aún por encima unos sesenta metros próximamente, que corresponden a todo el escalón de la izquierda del Henares. Aflora, además, al S. de Madrid (Vallecas, Getafe a Aranjuez), en Mejorada del Campo, Loeches, Sayatón, etc. (*Oligoceno*).

NEÓGENO (Mioceno).

*Tortonense y Sarmatiense.*

C) Arenas, areniscas gris verdosas y amarillo rojizas, arcillas y margas verdosas con intercalaciones de margas calizas blancas, lentejones de sepiolita, sílex, ópalo, calcedonia, etc. Horizontes de *Testudo bolivari* y yacimientos de mamíferos de Madrid con *Anchitherium aurelianense*, *Mastodon angustidens*, etc. Hacia los bordes de la cuenca desaparecen las margas y quedan las arenas y arcillas. Se presenta en discordancia angular con el Oligoceno allí donde está plegado y en concordancia aparente o en discordancia lagunar en el resto. Espesor unos 80 m.

D) Horizonte generalmente gris verdoso o blanquecino, formado, en el centro de la cuenca, principalmente, por margas con yesos lenticulares que pueden convertirse en calizas. Parte de él seguramente corresponderá al *Pontiense*. En él se han encontrado hasta ahora tan solo moluscos (*Melanopsis*, *Unio*, etc.). Hacia los bordes de la cuenca desaparecen las margas, yesos y calizas, quedando las arenas gris verdosas y amarillo rojizas, que se cargan de cantos como las anteriores. Espesor unos 40 m.

*Pontiense.*

E) Calizas de los páramos (tobáceas, oolíticas, ca-

vernosas, etc.) ricas en moluscos terrestres y lacustres (*Coretus thiollierei*, *Galba bouilleti*, *Hemycicla gualinoi*, etc.) y mamíferos (*Hipparion gracile*, etc.), a las que acompañan muy frecuentemente conglomerados, arenas gruesas amarillo rojizas y margas. Tanto en el anterior horizonte como en éste puede haber algún lecho lignitoso. Margas yesíferas de La Puebla de Almoradier con *Hipparion gracile*, *Gazella deperdita*, etc. Hacia los bordes de la cuenca desaparecen las calizas y margas, quedando exclusivamente las arenas amarillo rojizas muy cargadas de cantos. El espesor es muy variable por haber sido barrido en gran parte por la erosión, pudiendo alcanzar un máximo de unos sesenta metros cuando está completo.

La repartición actual de estos pisos puede fijarse de un modo general tomando como base la división en regiones topográficas que he hecho al principio (fig. 1). En la *Mancha*, hasta ahora, no se han logrado fijar tan completos los horizontes miocenos detrítico-lacustres, pudiendo aparecer por debajo de ellos las margas yesíferas y demás capas oligocenas; en la comarca de Cifuentes a Viana de Mondéjar es el Paleógeno el que predomina. En la *región oriental de los términos transitorios* o de la *campiña* son el Paleógeno y el horizonte inferior del Mioceno los que la forman casi por completo, y en la *región occidental* aflora en numerosos puntos el Paleógeno (margas yesíferas, arcosas, etc.) y se conservan casi todos los horizontes miocenos, pero con la facies detrítica predominante y cubiertos frecuentemente por las terrazas fluviales.

**Tectónica del Terciario castellano.**—En diversos trabajos publicados (1917-1926) he venido ocupándome de la tectónica de este Terciario, y en uno reciente resumo todo lo referente a esta cuestión (*Bol. Inst. Geol.*, 1926),

por lo que aquí no apuntaré más que lo más importante de las conclusiones allí obtenidas.

En la Meseta, el Cretácico superior y el Terciario inferior están concordantes al parecer y plegados conjuntamente debido a empujes orogénicos laterales contemporáneos de los movimientos alpinos, estando comprendida su edad entre el Estampiense y el Tortoniense, lo cual puede explicar el que no se haya logrado fijar hasta ahora la existencia de terrenos de los pisos intermedios.

El movimiento pirenaico, que tan grandes efectos ha producido en toda la parte septentrional de la Península, no se señala bien en el interior o por lo menos no se ha podido observar aún por no haberse encontrado discordancias propias de él. Quizá los núcleos paleozoicos de los Montes Ibéricos y de Somosierra, en la Cordillera Central, con sus pliegues dirigidos proximamente, de E. a O., puedan referirse a él, y probablemente se iniciaron, también, los del Mesozoico. Es, sin embargo, en realidad el movimiento alpino pretortoniense con sus plegamientos de dirección NO. a SE., el que dió origen a la mayor parte de las zonas montañosas que actualmente separan las cuencas del Ebro y Calatayud-Teruel de las interiores del Duero y del alto Tajo.

Al surgir aquellas sierras por replegarse sus capas, se modelaron completamente las actuales cuencas terciarias, cuyos estratos, al ser oprimidos, se plegaron y formaron verdaderas cubetas tectónicas, en las cuales se depositaron más tarde las capas del Mioceno continental. Los estratos paleógenos que, al formarse, estaban al nivel del mar, alcanzarían por este movimiento alguna mayor altitud, pero sería la nueva elevación de las sierras colindantes la que ocasionaría un fuerte rejuvenecimiento de la red fluvial, con lo que se formarían gran cantidad de alu-

viones que en las proximidades de aquéllas serían muy gruesos, mientras que a medida que se alejaban hacia el centro de la cuenca se hacían cada vez más finos, predominando aquí en ciertos momentos la sedimentación química sobre la detrítica, especialmente en épocas de sequía.

Después del Ponticense se ha efectuado otro movimiento orogénico de menor intensidad que ha vuelto a comprimir las cuencas terciarias, originando los pliegues que actualmente se observan hasta en los estratos de aquella edad. Este movimiento puede incluirse perfectamente entre los llamados *rodanienses* por el profesor Stille. Ha sido, probablemente, el que ha elevado aquellos estratos a las altitudes tan diversas que actualmente presentan y el que ha impuesto el curso a los principales ríos que hoy surcan a aquellas cuencas.

Tanto los plegamientos que nos muestran los estratos del Terciario inferior como los del superior son típicamente de los llamados por M. Argand de cobertera, y así, mientras en los bordes de las cuencas o de las manchas que ellos forman se presentan bien manifiestos, en el resto pueden permanecer aquéllos hasta perfectamente horizontales.

JOSÉ ROYO Y GÓMEZ

Madrid, 27 enero de 1928.

## BIBLIOGRAFÍA

NOTA. Se indican aquí todas las obras que ofrecen algún dato sobre el Terciario de la cuenca alta del Tajo y que, en su mayoría, deben conocer todos los que se interesen por el estudio de este terreno.

- 1778.—ORTEGA: «*Tratado de las aguas termales de Trillo.*» Madrid.
- 1822.—BRONGNIART: «Sur la magnesite de Vallecas». *Annales des mines*, t. VII, pág. 304. París.
- 1837-1845.—EZQUERRA, J.: «Indicaciones geognósticas sobre las formaciones terciarias del centro de España.» *An. de Minas*, t. III, págs. 300-316. Madrid.
- 1839-1864.—BLAINVILLE: «*Osteographie ou description iconographique des Mammifères.*» París.
- 1840.—EZQUERRA, J.: «Algo sobre los huesos fósiles de las inmediaciones de Madrid.» *An. de Minas*, t. II, págs. 213-217. Madrid.
- 1840.—EZQUERRA, J.: «Tertiäre Knochen von *Anoplotherium*, *Choeuropotamus*, *Sus*, *Mastodon* bei Madrid.» *Neues Jahrb. für Min. Geogn. Geol. und Petr.* von Leonh. und Brönn. Stuttgart.
- 1840.—MEYER, H. VON: «Sobre algunas osamentas del terreno terciario de Madrid.» *Neues Jahrb. für Min. und Geol.* von Leonhard und Brönn, pág. 289. Stuttgart.
- 1841.—LE PLAY, M. F.: «Descripción geognóstica de Extremadura y N. de Andalucía.» (Trad. al esp. por Cutoli, F.). *An. de Minas*, págs. 143-196. Madrid.

- 1844.—KAUP, J. J.: «Sobre algunas osamentas de mamíferos terciarios de Madrid.» *Neues Jahrb. für Min. und Geol.* von Leonhard und Brönn, pág. 537, lám. VII, B. Stuttgart.
- 1850-1859.—EZQUERRA, J.: «Ensayo de una descripción general de la estructura geológica del terreno de España.» *Mem. de la R. Acad. Ciencias Madrid*, t. I y IV. Madrid.
- 1850.—EZQUERRA, J.: «On the Geology of Spain.» *Quart. Journ. Geol. Soc.*, t. VI, págs. 406-413. London.
- 1850.—EZQUERRA, J.: «Excursión geológica desde Hiendelaencina a Trillo y a Ablanque, en la parte de la provincia de Guadalupe conocida con el nombre de Alcarria.» *Rev. Min.*, t. I, págs. 289-299. Madrid.
- 1850.—LUJÁN, F. DE: «Estudios y observaciones geológicas sobre las provincias de Badajoz, Sevilla, Toledo y Ciudad Real.» *R. Acad. Ciencias Madrid*, vol. I, part. I y II. Madrid.
- 1850.—NARANJO Y GARZA, F.: «Reconocimiento geológico de la cuenca del Guadiana.» *Rev. Min.*, t. I, págs. 65-82, lámina II. Madrid.
- 1851.—EZQUERRA, J.: «Restos de grandes paquidermos.» *Rev. Min.*, t. II. Madrid.
- 1851.—SALAZAR, I. G. DE: «Sobre restos fósiles de grandes paquidermos o animales de piel gruesa en Castilla.» *Rev. Min.*, t. II, págs. 55-57. Madrid.
- 1851.—«Comisión para la formación de la carta geológica de la provincia de Madrid y la general del Reino.» *Rev. Min.*, t. II, págs. 388-400. Madrid.
- 1852.—GERVAIS, P.: «Description des ossements fossiles de mammifères rapportés de Espagne par MM. de Verneuil, Collomb et de Lorie.» *Bull. Soc. Géol. France*, 2.<sup>a</sup> serie, t. X, págs. 147-168, lám. IV y V. París.
- 1852-1854.—PRADO, C.: «Note sur la géologie de la province de Madrid.» *Bull. Soc. Géol. France*, 2.<sup>a</sup> serie, t. X, págs. 168-176; *Ibid.*, t. XI, pág. 333. París.
- 1852.—VERNEUIL: «Del terreno cretáceo en España.» *Rev. minera*, t. III, págs. 470-471. Madrid.
- 1852.—VERNEUIL ET COLLOMB, E.: «Coup d'oeil sur la constitution géologique de quelques provinces de l'Espagne.» *Bull. Soc. Géol. France*, 2.<sup>a</sup> serie, t. X, págs. 61-147, lám. I-III. París.

- 1852.—WILKOMM, M.: «Die Strand und Steppengebiete der iberischen Halbinsel und deren Vegetation.»
- 1853.—LINERA, A. A. DE: «Sobre la constitución geológica de España.» *Rev. Min.*, t. IV, págs. 443-449, 467-478, 499-510, 543-551, 582-588. Madrid. (Traducción y notas del trabajo anterior de Wilkomm.)
- 1853.—VERNEUIL ET COLLOMB: «Nota con motivo de dos cortes geológicos generales hechos al través de España del Norte al Sur y de E. a W.» *Compte rend. Acad. des Sciences*, traducida al esp. en la *Rev. Min.*, t. III, págs. 212-215. Madrid.
- 1854.—VERNEUIL ET LORIERE: «Tableau de la détermination des altitudes qu'ils ont observées en Espagne pendant l'été de 1853 accompagné d'un rapide aperçu de leur voyage.» *Bull. Soc. Géol. France*, 2.<sup>a</sup> serie, t. XI, págs. 661-711. París.
- 1856.—VERNEUIL ET COLLOMB: «Observations géologiques et barométriques faites en Espagne en 1855.» *Bull. Soc. Géol. France*, 2.<sup>a</sup> serie, t. XIII, págs. 674-728. París.
- 1858.—PRADO, C. DE: «Restos de un Mastodonte en las cercanías de Madrid.» *Rev. Min.*, t. IX. Madrid.
- 1859.—LAURENT, CH.: «Nota geológica sobre la línea del camino de hierro de Madrid a Alicante.» *Rev. Min.*, t. X, páginas 620-629 y 645-650. Madrid.
- 1861.—MAESTRE, A.: «Memoria sobre los terrenos de sulfato de sosa situados en el término de Colmenar de Oreja, provincia de Madrid.» Madrid.
- 1864.—PRADO, C.: «Descripción física y geológica de la provincia de Madrid.» *Junta gen. de Estadist.*, 219 págs., 98 figuras, 4 láms. y 1 map. Madrid.
- 1865.—GIMÉNEZ DELGADO, J.: «Aguas artesianas subterráneas y corrientes de la provincia de Madrid.» Madrid.
- 1865.—GUAD Y FONTES, A.: «Cuadro sinóptico o guía del investigador de aguas subterráneas, ordinarias y artesianas en Madrid y sus cercanías.» Madrid.
- 1866.—JACQUOT, E.: «Esquisse géologique de la Serranía de Cuenca (Espagne).» *Ann. Mines*, t. IX, págs. 391-454, lám. IX cortes y mapa). París.

- 1868.—BOTELLA Y DE HORNOS, F.: «*Descripción geológico-minera de las provincias de Murcia y Albacete.*» Madrid.
- 1869.—VERNEUIL, E. et COLLOMB: «*Carte géologique de l'Espagne et du Portugal.*» 2.<sup>e</sup> edit. et explication (in 8.<sup>o</sup>). Paris.
- 1870.—Anónimo: «*Nota sobre unos fósiles encontrados en el terreno mioceno de Madrid.*» 1 vol. 8.<sup>o</sup> (Autografiada, Escuela de Ing. de Caminos.)
- 1872.—BOLÍVAR, I.: «*Noticia del hallazgo de restos fósiles de tortuga en el arroyo de los Meaques (Casa de Campo).*» *Act. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. I, pág. 19. Madrid.
- 1874.—CALDERÓN, S.: «*Reseña geológica de la provincia de Guadalajara.*» 74 págs., 1 map. Madrid.
- 1874.—CAMINERO, J.: «*Estudios geológicos de la parte meridional de la provincia de Ciudad Real.*» (Extracto por Gasque, F. e Ingunza, R. de). *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. I, págs. 197-208. Madrid.
- 1874.—MARTÍN DONAYRE, F.: «*Datos geológico-mineros de la provincia de Guadalajara, término de Valdesotos.*» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. I, págs. 267-270. Madrid.
- 1875.—VILANOVA, J.: «*Salinas de Villarrubia de Santiago.*» *Act. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. IV, págs. 89-93. Madrid.
- 1875.—CORTÁZAR, D.: «*Descripción física y geológica de la provincia de Cuenca.*» *Mem. Com. Map. Geol. Esp.*, 406 págs., 3 láms. y 1 map. geol. Madrid.
- 1876-1877.—CALDERÓN, S.: «*Enumeración de los vertebrados fósiles de España.*» *An. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, t. V, págs. 413-443, y *Act.* t. VI, págs. 26-32. Madrid.
- 1876.—CAMINERO, J.: «*Formación hullera de Puertollano, Ciudad Real.*» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. III, págs. 245-250, 1 fig. Madrid.
- 1876.—PEÑA, A. DE LA: «*Reseña geológica de la provincia de Toledo.*» *Bol. Com. Map. Geol. España*, t. III, págs. 329-331. Madrid.
- 1877.—ARANZAZU, J. M.: «*Apuntes para una descripción físico-geológica de las provincias de Burgos, Logroño, Soria y Guadalajara.*» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. IV, págs. 1-47 y 1 mapa. Madrid.
- 1877.—BOTELLA Y HORNOS, F.: «*Apuntes paleogeográficos.—Es-*

- paña y sus antiguos mares.» *Bol. Soc. Geogr.*, t. II y III. Madrid.
- 1878.—CORTÁZAR, D.: «*Expedición geológica por la provincia de Toledo en 1877 y en 1878.*» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. V, págs. 139-144 y 321-327, 1 map. geol., lám. D. Madrid.
- 1879.—GONZALO Y TARÍN, J.: «*Reseña físico-geológica de la provincia de Badajoz.*» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. VI, páginas 389-412, 1 mapa geol., lám. L. Madrid.
- 1880.—CORTÁZAR, D.: «*Reseña física y geológica de la provincia de Ciudad Real.*» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. VII, páginas 289-323, 6 figs., 1 map. geol. Madrid.
- 1880-1882.—CASTEL, C.: «*Descripción física, geognóstica, agrícola y forestal de la provincia de Guadalajara.*» *Bol. Com. Map. Geol. España*, t. VII, (Descr. física) págs. 331-395; t. VIII, (Descr. geológica) págs. 157-264, 17 figs., lámina F (mapa geol.); t. IX, (Descr. agrícola y forestal) páginas 123-214. Madrid.
- 1884.—CALDERÓN, S.: «*Sobre el origen y desaparición de los lagos terciarios de España.*» *Bol. de la Instit. libre de Enseñanza*, t. VIII. Madrid.
- 1884-1885.—BOTELLA Y DE HORNOS, F.: «*Nota sobre la alimentación y desaparición de las grandes lagunas peninsulares.*» *Act. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XIII, págs. 79-90, y t. XIV, págs. 27-37. Madrid.
- 1884.—CALDERÓN, S.: «*Contestación a la nota del Sr. Botella sobre la alimentación y desaparición de las grandes lagunas peninsulares.*» *Act. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XIII, páginas 98-109. Madrid.
- 1884.—CALDERÓN, S.: «*Observaciones sobre la constitución de la meseta central de España.*» *Act. Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo XIII. Madrid.
- 1885.—CALDERÓN, S.: «*Ensayo orogénico sobre la meseta central de España.*» *Bol. de la Instit. libre de Enseñanza*, t. IX, y *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XIV, págs. 131-172. Madrid.
- 1887.—QUIROGA, F.: «*Excursión al cerro de Almodóvar y a San Fernando.*» *Bol. de la Instit. libre de Enseñanza*, (28-II), número 241, págs. 59-60. Madrid.

- 1890.—QUIROGA, F.: «Yeso pseudomórfico de calcita del canal del Manzanares y huecos de cristales de yeso en las arcillas terciarias.» *Act. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XIX, página 100. Madrid.
- 1892.—MALLADA, L.: «Catálogo general de las especies fósiles encontradas en España.» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. XVIII, págs. 1-253 (208-230). Madrid.
- 1893.—BREINDENBACH: «Geologische Studien in der Provinz Madrid.» Essener Glukau.
- 1894.—PENCK, A.: «Studien über das Klima Spaniens während der jüngeren Tertiärperioden und der Diluvialperiode.» *Zeitschr. der Gesellsch. für Erdk.*, t. XXIX, págs. 109-141. Berlín.
- 1895.—CALDERÓN, S.: «Origen de la sal común y de los sulfatos de los terrenos terciarios lacustres de la Península.» *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXIV, págs. 337-362. Madrid.
- 1896.—Anónimo: «Calizas españolas.—Caliza de Colmenar.» *Rev. de Obras públicas*. Bol. ser. 6.<sup>a</sup>, I, págs. 145-147. Madrid.
- 1896.—CALDERÓN, S.: «La sal azul de Villarrubia de Santiago. (Toledo.)» *Act. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXV, págs. 18-21. Madrid.
- 1897.—CALDERÓN, S.: «Existencia del Infraliásico en España y Geología fisiográfica de la meseta de Molina de Aragón.» *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXVII, págs. 192-193. Madrid.
- 1897.—GRAELLS: «Fauna mastodológica ibérica.» *Mem. R. Acad. Cienc. Exact. Fisic. y Nat.* Madrid.
- 1901.—MACPHERSON, J.: «Ensayo de historia evolutiva de la Península Ibérica.» *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXX, páginas 123-165, lám. III. Madrid.
- 1903.—AZPEITIA, F.: «Restos de *Mastodon* en el cerro de la Plata, junto al ensanche de Madrid.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. III, págs. 79-82. Madrid.
- 1903.—FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: «Notas geológicas y mineralógicas.—Presencia del Mioceno en El Molar (Madrid).» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. III, págs. 253-254. Madrid.
- 1904.—FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: «Nota sobre el terciario de los alrededores de Madrid.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo IV, págs. 271-281. Madrid.

- 1906.—ADÁN DE YARZA, R.: «Estudios Hidrogeológicos: provincia de Madrid: zona entre Madrid, San Martín de Valdeiglesias y el ferrocarril de Madrid a Alicante.» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. XXVIII, págs. 297-320, 1 map. Madrid.
- 1906.—GARCÍA DEL CASTILLO, J. y RUBIO, C.: «Estudios Hidrogeológicos: provincia de Madrid; zona entre el ferrocarril del Norte y el de Madrid a Zaragoza.» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. XXVIII, págs. 241-259, 1 map. Madrid.
- 1906.—SÁNCHEZ LOZANO, R. y ALVAREZ ARAVACA, M.: «Estudios Hidrogeológicos: provincia de Madrid; zona entre los ferrocarriles de Madrid a Zaragoza y de Madrid a Cáceres y Portugal.» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. XXVIII, páginas 265-295. Madrid.
- 1906.—MONTENEGRO, A.: «Alumbramientos de agua de Madrid.» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. XXVIII, págs. 171-176. Madrid.
- 1906.—BENTABOL, H.: «Estudios Hidrogeológicos: provincia de Madrid; zona entre Torreledones, Navas del Río y Madrid.» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. XXVIII, págs. 209 a 240. Madrid.
- 1906.—MALLADA, L.: «Aguas y pozos de los barrios bajos de Madrid.» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. XXVIII, págs. 321-328. Madrid.
- 1906.—ZULUETA, A. y AMOEDO, E.: «Sobre la tortuga fósil encontrada en Vallecas.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. VI, páginas 121-122 y 170. Madrid.
- 1907.—FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: «Excursión desde el valle del Tajuña al del Tajo.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. VII, páginas 136-139. Madrid.
- 1907.—MALLADA, L.: «Explicación del mapa geológico, t. VI y VII.» *Mem. Com. Map. Geol. Esp.* Madrid.
- 1908.—ALVAREZ ARAVACA, M.: «Estudios Hidrogeológicos: Cuenca del Tajo; provincia de Guadalajara. Diluvial, aluvial, terciario.» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. XXIX, págs. 227 a 302, 1 map. Madrid.
- 1908.—DOUVILLÉ, H.: «Oligocène des environs de Tolède.» *Bull. Soc. Géol. France*, 4.<sup>a</sup> ser., t. VIII, págs. 17-18. París.

- 1908.—DEPÉRET, CH.: «Sur les bassins tertiaires de la Meseta espagnole.» *Bull. Soc. Géol. France*, 4.<sup>a</sup> ser., t. VIII, páginas 18-19 París.
- 1908.—DOUVILLÉ, H.: «Sur le Tertiaire des environs de Tolède.» *Bull. Soc. Geol. France*, 4.<sup>a</sup> ser., t. VIII, págs. 455-456. París
- 1908.—FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: «Los pozos artesianos en Madrid.» *Biblioteca de la «Revista Agrícola»*. Madrid.
- 1908.—RUBIO, C., VILLATE, E. y KINDELÁN, V.: «Estudios Hidrogeológicos, provincia de Toledo; zona del Alberche y Guadarrama en la cuenca del Tajo.» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. XXIX, págs. 159-228, 1 map. Madrid.
- 1909.—FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: «Límites entre el Terciario y el diluvium al Sur de Madrid.—Manchones terciarios en el diluvium.—Inmediaciones de Quijorna.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. IX, págs. 330-336. Madrid.
- 1909.—RUBIO, C. y KINDELÁN, V.: «Continuación del estudio Hidrológico de la cuenca del Tajo, al Norte de Madrid, entre los ferrocarriles del Norte de España y de Madrid a Zaragoza.» *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. XXX, páginas 9-29, 1 map. Madrid.
- 1910.—CALDERÓN, S.: «Los minerales de España.» *Junt. Ampl. Est.*, 2 t. Madrid.
- 1911.—DANTIN CERECEDA, J.: «Una excursión por los alrededores del Salobral (Albacete). Apuntes de Geología agrícola.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XI, págs. 115-123. Madrid.
- 1911.—DOUVILLÉ, R.: «La Peninsule Ibérique: A.—Espagne.» *Handb. der Reg. Geol.*, III Band., 3 Abt. Heidelberg.
- 1911.—DOUXAMI, H.: «Observations géologiques sur la Sierra de Guadalajara (Espagne).» *Ann. Soc. Géol. du Nord*, tomo XL, págs. 35-45. Lille.
- 1912.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: «Itinerario geológico de Toledo a Urda.» *Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat.*, núm. 1, Madrid.
- 1912.—DANTIN, J.: «Nota preliminar sobre las relaciones de la red hidrográfica y del relieve en la meseta de la Península Ibérica.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XII, págs. 524 a 540. Madrid.
- 1912.—DANTIN, J.: «Resumen fisiográfico de la Península Ibérica.» *Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat.*, núm. 7. Madrid.

- 1912.—FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: «Sobre las formas fibrosas de la sílice del terciario castellano.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XII, págs. 148-150. Madrid.
- 1912.—MALLADA, L. y DUPUY DE LÔME, E.: «Reseña geológica de la provincia de Toledo.» *Bol. Inst. Geol. Esp.*, t. XXXII, págs. 9-181, 1 map. geol. Madrid.
- 1913.—JANINI JANINI, R.: «Riegos con aguas artesianas. Noticias generales respecto a los pozos artesianos y a los arrendamientos de terrenos para huertas en el Real Patrimonio de El Pardo.» Valencia.
- 1913.—GARCÍA MUÑOZ, F.: «Informe técnico del estudio e investigación de las aguas subterráneas del Real Sitio del Pardo.» Valencia. (Véase JANINI.)
- 1913.—GÓMEZ DE LLARENA, J.: «Excursión por el Mioceno de la cuenca del Tajo.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XIII, págs. 229-237. Madrid.
- 1914-1921.—FERNÁNDEZ NAVARRO, L. y CARANDELL, J.: «El borde de la meseta terciaria en Alcalá de Henares.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XIV, págs. 302-310, láms. III-V y t. XXI, págs. 329-334, figs. 1-2. Madrid.
- 1914.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: «Régimen geográfico y climatológico de la meseta castellana durante el Mioceno.» *Rev. R. Acad. Cienc.* Madrid.
- 1914.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: «Mioceno superior de La Puebla de Almuradiel (Toledo).» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XIV, págs. 275-278. Madrid.
- 1914.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: «Los Vertebrados terrestres del Mioceno de la Península Ibérica.» *Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. IX, núm. 4. Madrid.
- 1915.—DANTÍN CERECEDA, J.: «Las terrazas del valle del Henares y sus formas topográficas.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XV, págs. 301-314, 10 figs. Madrid.
- 1915.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: «Estado actual de las investigaciones en España respecto a la Paleontología y Prehistoria.» *Asoc. Esp. Progr. Cienc., Congr. Valladolid*. Discurs. Inaug. Madrid.
- 1915.—REYES PRÓSPER, E.: «Las estepas de España y su vegetación.» Madrid.

- 1916.—CASTRO, P. y FERNÁNDEZ AGUILAR, R.: «Excursión a algunos yacimientos de aragonitos.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XVI, págs. 289-294, láms. III-IV y una fig. Madrid.
- 1916.—DANTIN CERECEDA, J.: «Acerca de la costra caliza superficial en los suelos áridos de España.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XVI, págs. 305-311, 3 figs. Madrid.
- 1916.—DANTIN, J.: «Los lignitos del neógeno continental de la Alcarria.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XVI, págs. 449 a 457. Madrid.
- 1916.—FERNÁNDEZ NAVARRO, L. y GÓMEZ DE LLARENA, J.: «Datos topológicos del cuaternario de Castilla la Nueva.» *Trab. del Mus. Nac. de Cienc. Nat.*, ser. geol., núm. 18. Madrid.
- 1916.—FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: «Paleogeografía: Historia geológica de la Península Ibérica.» *Manuales Corona*. Madrid.
- 1916.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E. y ROYO GÓMEZ, J.: «Mineralogía, Geología y Prehistoria del Cerro de los Angeles (Madrid).» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XVI, págs. 533-539, láms. VIII-XI. Madrid.
- 1917.—DANTIN, J.: «Acerca de la edad sarmatiense de los lignitos de la Alcarria.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XVII, págs. 170-173. Madrid.
- 1917.—PARDILLO, F.: «Sobre el yeso del Cerro de los Angeles (Madrid).» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XVII, págs. 535-537. Madrid.
- 1917.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: «Hallazgo de tortugas gigantes en el Mioceno de Alcalá de Henares.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XVII, págs. 194-202, 2 figs. Madrid.
- 1917.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: «El problema de la investigación científica en España. (Año y medio de investigaciones geológicas).» *Asoc. Esp. Progr. Cienc., Congr. Sevilla*, t. II. Madrid.
- 1917.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «Datos para la geología de la submeseta del Tajo.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XVII, págs. 519-527 y una fig. Madrid.
- 1917-1918.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E. y ROYO GÓMEZ, J.: «Acerca del yeso del cerro de los Angeles.» *Bol. R. Soc. Esp.*

- Hist. Nat.*, t. XVII, págs. 572-574 e *Ibid.*, t. XVIII, págs. 87-88. Madrid.
- 1918.—PARDILLO, F.: «Algunas consideraciones más sobre el yeso del cerro de los Angeles. (Madrid).» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XVIII, págs. 126-130. Madrid.
- 1918.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «Nuevos datos para la geología de la submeseta del Tajo.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo XVIII, págs. 255-258. Madrid.
- 1918.—DÍAZ, J. M.<sup>a</sup>: «Estudio de los yacimientos de lignito de los términos de Uña y limítrofes en la provincia de Cuenca.» *Bol. Of. de Minas y Metalurgia*, núm. 18, págs. 1-12. Madrid.
- 1919.—FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: «Una opinión sobre el yeso del cerro de los Angeles.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XIX, pág. 260. Madrid.
- 1919.—FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: «Perforaciones artesianas en el cuaternario de Castilla la Nueva.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. IX, págs. 299-304. Madrid.
- 1920.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «La sierra de Altomira y sus relaciones con la submeseta del Tajo.» *Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat.*, ser. geol., n.º 27. Madrid.
- 1920.—PÉREZ DE BARRADAS, J.: «Algunos datos sobre el Cuaternario de las inmediaciones de Toledo.» *Bol. R. Acad. Bell. Art. y Cienc. Hist.*, págs. 229-231. Toledo.
- 1921.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «Hallazgo de restos de *Testudo bolivari* junto a la calle de Moret, en Madrid.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXI, págs. 285-286. Madrid.
- 1921.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: «La llanura manchega y sus mamíferos fósiles. (Yacimiento de la Puebla de Almoradier).» *Mem. n.º 28, Com. Invest. Paleont. y Prehist.* Madrid.
- 1921.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: «Nuevos yacimientos de vertebrados miocenos y deducciones de orden paleofisiográfico.» *Asoc. Esp. Progr. Cienc., Congr. Oporto*, t. VI, págs. 158-170. Madrid.
- 1921.—DANTIN, J.: «Levantamiento reciente de la meseta central de la Península Ibérica.» *Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo del cincuentenario, págs. 173-177. Madrid.
- 1921.—OBERMAIER, H., WERNERT, P. y PÉREZ DE BARRADAS, J.:

- «El cuaternario de las canteras de Vallecas. (Madrid).» *Bol. Inst. Geol. Esp.*, t. XLII, págs. 305-322, láms. I-IV. Madrid.
- 1921.—SCHLOSSER, M.: «Neuere Funde von Wirbeltieren, besonders Säugetieren im Tertiär und Pleistocän der Iberischen Halbinsel.» *Centralbl. f. Min. Geol. u. Pal.*, n.º 14, págs. 436 a 444; n.º 15, págs. 471-479. Stuttgart.
- 1921.—PÉREZ DE BARRADAS, J. Y WERNERT, P.: «Excursión geológica por el valle inferior del Manzanares.» *Bol. Soc. Ibér. Cienc. Nat.*, t. III, págs. 138-158. Zaragoza.
- 1921.—WERNERT, P. Y PÉREZ DE BARRADAS, J.: «El cuaternario del Valle del Manzanares (Madrid).» *Ibérica*, año VIII, n.º 375, págs. 233-235. Tortosa.
- 1922.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «El Mioceno continental ibérico y su fauna malacológica.» *Mem. 30, Com. Invest. Paleont. y Prehist.* Madrid.
- 1922.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: «Rasgos fundamentales de la constitución e historia geológica del solar ibérico.» *Discurso R. Acad. Cienc.* Madrid.
- 1922.—CARANDELL, J.: «Topografía comparada de cuatro localidades ribereñas españolas: Toledo, Montoro (Córdoba), Arcos de la Frontera (Cádiz) y Castro del Río (Córdoba).» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXII, págs. 440-452, figs. 1-7, láms. VIII-XI. Madrid.
- 1922.—SCHLOSSER, M.: «Neue Funde fossiler Säugetiere in Spanien.» *Centralbl. f. Min. Geol. u. Pal.*, n.º 19, págs. 619-621. Stuttgart.
- 1923.—GÓMEZ DE LLARENA, J.: «Guía geológica de los alrededores de Toledo.» *Trab. del Mus. Nac. Cienc. Nat.*, ser. geol. n.º 31. Madrid.
- 1923.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «El Mioceno de Vallecas (Madrid) y comarcas próximas.» *Asoc. Esp. Progr. Cienc.* Madrid.
- 1923.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: «Edad y origen de la Cordillera Central de la Península Ibérica.» *Asoc. Esp. Progr. Cienc., Congr. Salamanca*, t. II, págs. 119-137. Madrid.
- 1923.—ELÍAS, J.: «Epoca de la inclinació del planell central d'España envers l'Atlantic.» *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 2.ª ser. vol. III, págs. 66-71. Barcelona.

- 1923.—PÉREZ DE BARRADAS, J.: «Las terrazas cuaternarias del valle del Manzanares.» *Ibérica*, t. XX, n.º 486. Tortosa.
- 1924.—FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: «Datos geológicos de localidades castellanas.—Excursión a Cabañas de la Sagra (Toledo).—Excursión a Tamajón y Cogolludo (Guadalajara).» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXIV, págs. 301-304. Madrid.
- × 1924.—HERNÁNDEZ-PACHECO, F.: «Geología de la cuenca del Tajuña.» *Asoc. Esp. Progr. Cienc., Congr. Salamanca*, t. VI, págs. 137-143, láms. VI-IX. Madrid.
- 1924.—PÉREZ DE BARRADAS, J.: «El Cuaternario del valle alto del Jarama.» *Ibérica*, t. XXII, n.º 534. Tortosa.
- 1924.—PÉREZ DE BARRADAS, J.: «Excursiones por el Cuaternario del Valle del Jarama.» *Ibérica*, t. XXII, n.º 535. Tortosa.
- 1924.—DANTIN, J.: «Acerca de un molar de *Listriodon splendens* H. von Meyer hallado en Jadraque (Guadalajara).» *Asoc. Esp. Progr. Cienc., Congr. Salamanca*, t. VI, págs. 145-148, figs. 1-3, lám. X. Madrid.
- 1925.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «Notes sur la géologie de la Peninsule Ibérique.» *Bull. Soc. Géol. France*, 4.ª ser., t. XXV, páginas 83-85. París.
- 1925.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «Sobre el yacimiento de moluscos pontienses de la Hontanilla, en Tarancón (Cuenca).» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXV, pág. 252. Madrid.
- 1925.—REY PASTOR, A.: «Informe acerca de los fenómenos sísmicos ocurridos en la región de Pastrana (Guadalajara), (22 de diciembre de 1921 a 3 de julio de 1927).» *Publ. Inst. Geogr., Serv. Sismol.* Madrid.
- 1925.—BORN, A.: «Schwerezustand und geologische structur des Iberischen Halbinsel.» *Abh. d. Senck. Nat. Ges.*, t. XXXIX págs. 1-25, 1 fig., 1 map. Franckfurt a. M.
- 1926.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «Sur la présence de marnes et de gypse paléogènes dans le haut bassin du Tage.» *C. R. S. de la Soc. Géol. de France*, n.º 8, págs. 71-74. París.
- 1926.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «Sobre la geología de los alrededores de Toledo.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXVI, pág. 217. Madrid.
- 1926.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «Edad de las formaciones yesíferas del

- Terciario ibérico.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXVI, págs. 259-279, fig. 8. Madrid.
- 1926.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E. Y F.: «Excursión B-3. Aranjuez y el territorio al Sur de Madrid.» *XIV Congr. Geol. Intern. Madrid.*
- 1926.—DUPUY DE LÔME Y NOVO CHICARRO: «Guía geológica de las líneas férreas. De Madrid a Sevilla.» *XIV Congr. Geol. Intern. Madrid.*
- 1926.—HERNÁNDEZ-PACHECO, F.: «Un nuevo yacimiento de vertebrados fósiles del Mioceno de Madrid.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXVI, págs. 392-395, figs. 1-2. Madrid.
- 1926.—KINDELÁN, V.: «Estudios hidrogeológicos. Cuenca del Tajo. provincia de Guadalajara.» *Bol. Inst. Geol. Esp.*, t. XLVI, págs. 197-212, 1 map. Madrid.
- 1926.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «Tectónica del Terciario continental ibérico.» *Bol. Inst. Geol. Esp.*, t. XLVII, VII de la 3.<sup>a</sup> ser., 40 págs., 7 figs., 13 láms., 1 map.; y *Comptes Rendus de la XIV<sup>e</sup> session du Congr. Géol. Intern.*, 2.<sup>o</sup> fasc. Madrid.
- 1927.—GÓMEZ DE LLARENA, J.: «Molar de équido fósil encontrado en el cerro de la Rosa (Toledo).» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXVII, pág. 18. Madrid.
- 1927.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «Geología y Paleontología del Terciario situado al Norte de Guadalajara.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXVII, pág. 120. Madrid.
- 1927.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «Tectonics of Iberian Continental Tertiaries.» *Pan-American Geol.*, vol. XLVII, págs. 93-108, láms. XIV-XVII, 1 map. Des Moines.
- 1927.—REY PASTOR, A.: «Traits sismiques de la Péninsule Ibérique.» *Inst. Geogr. y Catastr.*, 72 págs., 15 figs., 17 láms. Madrid.
- 1927.—ARANEGUI, P.: «Las terrazas cuaternarias del río Tajo entre Aranjuez (Madrid) y Talavera de la Reina (Toledo).» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXVII, pág. 285. Madrid.
- 1927.—HERNÁNDEZ-PACHECO, F. Y ARANEGUI, P.: «Las terrazas cuaternarias del río Jarama en las inmediaciones de San Fernando y Torrelaguna (Madrid).» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXVII, pág. 310. Madrid.
- 1927.—ARANEGUI, P. Y HERNÁNDEZ-PACHECO, F.: «Las terrazas

- cuaternarias del río Henares en las inmediaciones de Alcalá (Madrid).» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXVII, pág. 341. Madrid.
- 1927.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: «Restos fósiles de grandes mamíferos en las terrazas del Manzanares y consideraciones respecto a éstas.» *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXVII, pág. 449. Madrid.

EXPLICACIÓN DE LA HOJA  
DE ALCALÁ DE HENARES  
(MADRID)

POR

JOSÉ ROYO Y GÓMEZ

Profesor del Museo Nacional de Ciencias Naturales

Y

L. MENÉNDEZ PUGET

Profesor del Laboratorio Químico Industrial de la Escuela de Minas

## GEOGRAFÍA FÍSICA

La cuenca alta del Tajo, debido a la alineación cretácica de Altomira, queda dividida en dos semicubetas abiertas hacia el sur, viniendo a corresponder la hoja de Alcalá de Henares, núm. 560, casi al centro de la occidental. Por su situación, esta hoja abarca parte de la región típica de los páramos y parte de la occidental de los términos transitorios a la llanura o de la campiña. (Véase la parte general de la cuenca por J. Royo.) Es, además, una de las comarcas mejores para estudiar la manera de efectuarse el paso de la llanura alta o páramo a la llanura baja y cómo los ríos, en su continuo avance erosivo, van fragmentando aquella extensa altiplanicie, transformándola primeramente en reducidas mesetas separadas por profundos y estrechos valles y luego en cerros cónicos y redondos, asurcados por fuertes barrancadas que terminan por hacerlos desaparecer, arrasándolos, dejando una nueva llanura a 150 ó 200 y aún a 300 m. más baja que la anterior (láminas IV y V, fot. 1).

La mitad sudeste de la hoja corresponde a un extenso páramo de unos 840 m. de altitud media que tiende a ser cortado en dos por el arroyo Pantueña y el de la Vega, cuyas cabeceras están separadas tan sólo por unos dos kilómetros y medio. Esta altiplanicie, en conjunto, no es

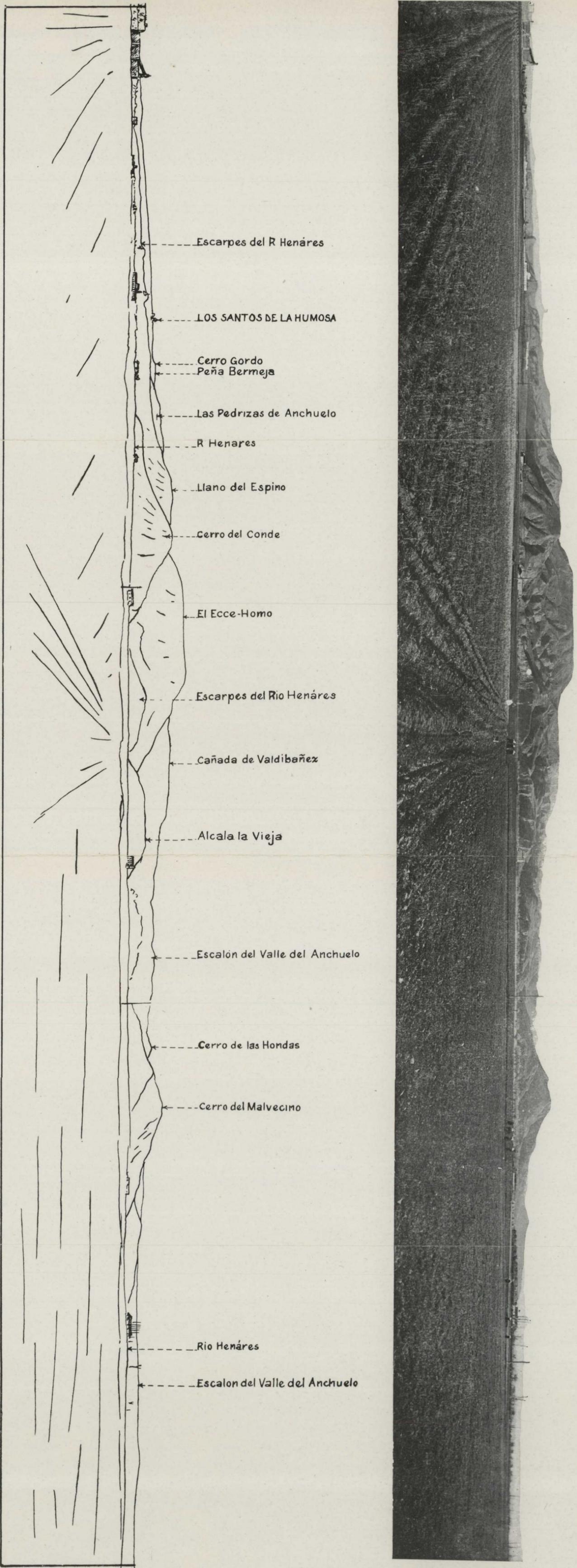
horizontal, sino que está inclinada hacia el SO., pues mientras hacia el NE. de la hoja, hacia Santorcaz, alcanza los 890 m., hacia el SO., por Camporreal, en los puntos más altos llega a los 790 m.; es decir, que hay una diferencia de altitud de 100 m. en una distancia de unos 48 kilómetros, o sea una pendiente de poco más de dos metros por kilómetro.

No se crea por lo dicho que esa pendiente es regular ni que la llanura es perfecta, pues si bien en algunos sitios como a levante de Santorcaz y al NO. de Nuevo Baztán es verdaderamente plana, en otros, como al E. de Corpa y entre Camporreal y Nuevo Baztán, está fuertemente ondulada en relación con los pliegues de los estratos que van de NNE. a SSO., y si nos acercamos al borde occidental en donde tiene fuertes digitaciones hacia el valle del Anchuelo y Pantueña, veremos que se destacan mesetillas de 20 a 30 metros de altura (Carabilla, Cabezuelo, etc.), sobre otra llanura más baja que aquélla, primer peldaño desde el cual se desciende ya rápidamente a los profundos valles afluentes de aquél.

La vegetación espontánea del páramo es el monte generalmente bajo de encina, llamado también *maraña*, del cual va quedando muy poco; se conserva en toda su plenitud tan sólo en los términos de Nuevo Baztán, Olmeda de la Cebolla y Villar del Olmo, en la casa de Tepa, cercana a Torres y hacia Cabezuelo, en Valverde. El resto, en su mayoría, ha sido transformado en tierra de cereales, habiendo algo de viñedo y de olivares (lámina VI).

El paso de esta altiplanicie a la parte baja se hace bruscamente, formando aquélla un verdadero escalón, del cual se baja rápidamente al valle del Pantueña y Anchuelo, o al de sus afluentes (lámina V, fot. 2).

La otra mitad del NO. corresponde a la campiña, o



El borde de la Meseta terciaria en Alcalá y Valle del Henares.

Fot. J. Royo.

sea a la región occidental de los términos transitorios a la llanura y está formada por dos grandes valles paralelos, dirigidos de NE. a SO., el del Henares y el del Pantueña, los cuales son afluentes de otro que aquí marcha casi de N. a S., el del Jarama. Cada uno de estos valles tiene sus caracteres peculiares.

El *valle del Pantueña* queda completamente incluido en la hoja. En realidad no debiera de llamarse así sino del Anchuelo, puesto que éste es el arroyo que nace más lejos y el que forma verdaderamente el valle, y el Pantueña no es más que un afluente de él. Se origina el Anchuelo al N. de Santorcaz, pasa por Anchuelo y Los Hueros, se une en Torres al Pantueña, que nace en el manantial de este nombre y va a afluir al Jarama, en Velilla de San Antonio. Actualmente, estos arroyos no tienen ninguna importancia, pues apenas llevan caudal de aguas en invierno, y durante el verano se secan, pero en tiempos pasados, en el Pleistoceno, han debido de ser muy caudalosos.

Este valle, hasta la confluencia con el de Loeches es normal, con una anchura máxima de unos cinco kilómetros, con terrazas potentes y bien marcadas en las dos riberas. Desde dicha confluencia, el valle se estrecha y se encajona algo, abriéndose paso a través de las terrazas del Jarama y de las margas yesíferas oligocenas que las sirven de base. Sus afluentes son casi exclusivamente los que bajan de la altiplanicie antes descrita, pues los de la margen derecha, como luego indicaremos, han perdido toda su importancia a causa de haber desaparecido sus cabeceras con el avance del Henares. A pesar de su desnivel de 200 metros, desde Anchuelo al Jarama, o sea de una pendiente de poco más de cuatro por mil, puede decirse que es un valle muerto.

El *valle del río Henares* es completamente distinto, no

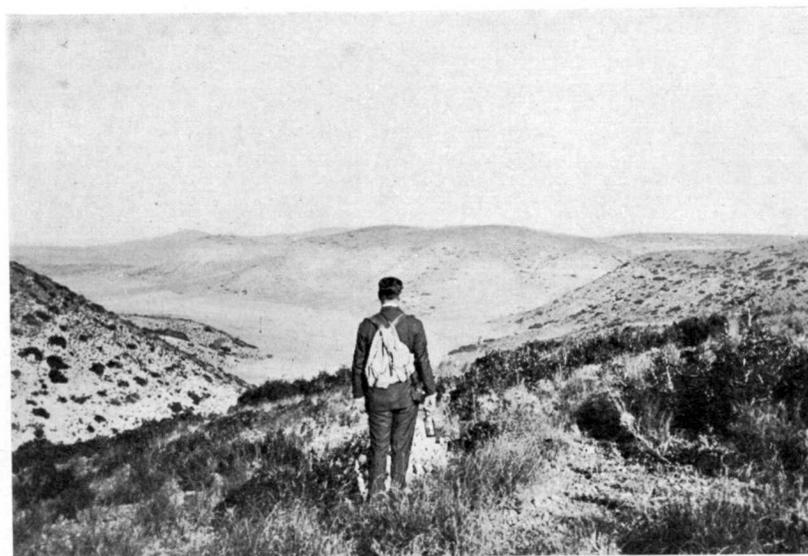
ya por su cauce caudaloso y de mucho más largo trayecto, sino por ser totalmente disimétrico, como ya indicó uno de nosotros en otra ocasión (1927). La erosión de este río ha avanzado siempre hacia su izquierda y por lo tanto su cauce se ha ido desplazando en ese sentido, produciendo en esta ribera escarpes más o menos elevados a la par que por la derecha va dejando una verdadera serie de terrazas escalonadas (láminas VIII y IX). Es indudablemente este valle uno de los que mejor conservadas tienen las terrazas, que serán estudiadas con detenimiento al tratar del Cuaternario. Sólo añadiremos ahora que el valle completo tiene unos 10 kilómetros de ancho, extensión que está ocupada casi en su totalidad por la ribera derecha, o sea por las terrazas.

Si la ribera derecha es muy interesante, por su serie de terrazas, la izquierda lo es mucho más por los fenómenos de erosión que allí ocurren. Así como los afluentes de la derecha forman anchos y largos valles propios de ríos maduros (arroyo de Camarmilla, arroyo de Torote, etcétera), los de la izquierda, generalmente, son de trayecto corto y cauce profundo; el desplazamiento continuo del Henares hacia esta ribera hace que el nivel de base de estos afluentes esté variando constantemente y se produzca un continuo rejuvenecimiento; si a esto se une la gran pendiente de su cauce y la naturaleza deleznable de las rocas que atraviesan, se comprenderá que se forme allí una red intrincada de profundos barrancos, de cárcavos, de cuchillas y de cerros agudos y alomados. La cabecera de estos barrancos avanza rápidamente y allá en donde alcanza a un camino o a una tierra de labor hay que acudir a poner muros defensivos porque si no en poco tiempo quedan aquellos cortados.

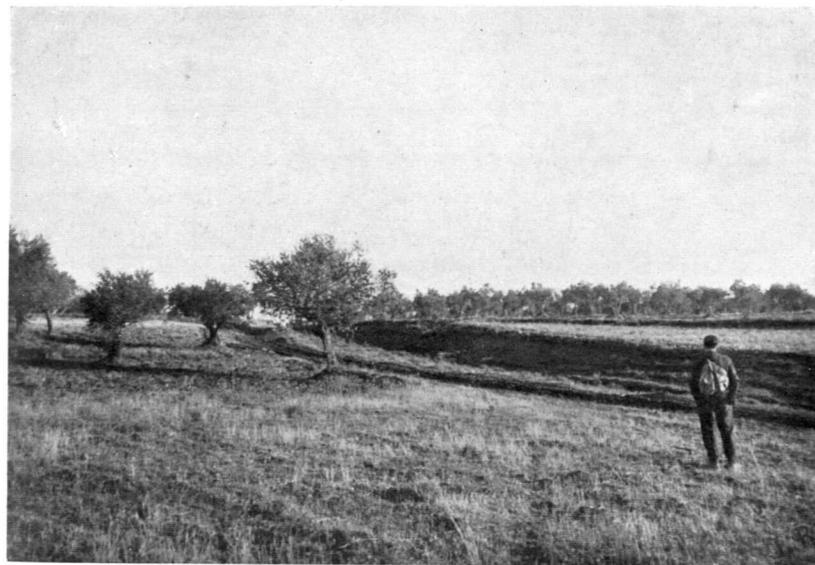
Un buen ejemplo de todo esto y una comarca excep-



Fot. 1.—El cerro del Viso en la parte por donde se une al valle del Anchuelo. Obsérvense las barrancadas que tienden a aislarlo. Alcalá de Henares. *Fot. L. Menéndez Puget.*



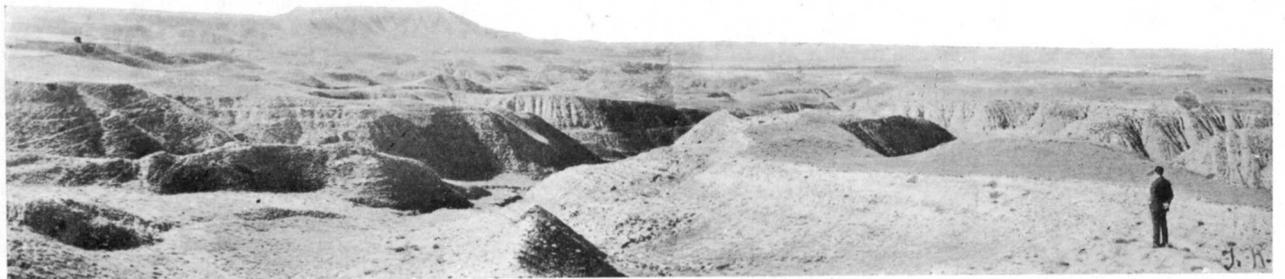
Fot. 2.—El borde de la meseta miocena en la Dehesa de Torres. *Fot. J. Royo.*



Fot. 1.—Aspecto de la altiplanicie pontiense cuando está formada por arenas.  
Torres (Madrid). *Fot. J. Royo.*



Fot. 2.—La altiplanicie pontiense formada por las calizas de los páramos  
al oeste de Olmeda de la Cebolla. *Fot. J. Royo.*



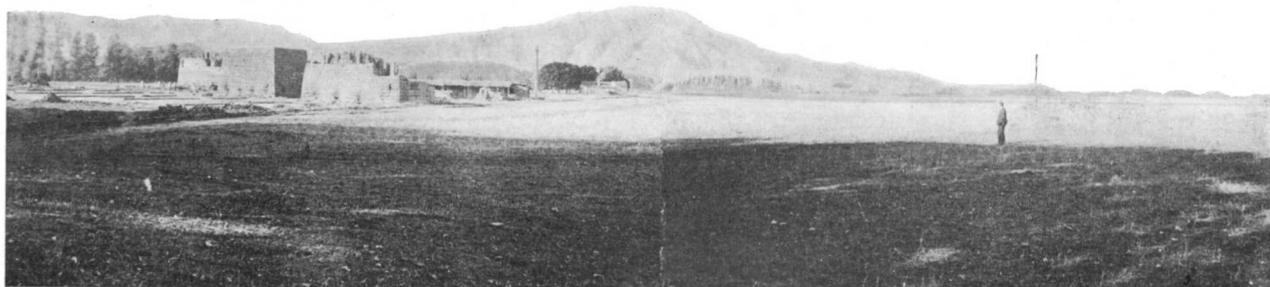
Fot. 1.—Comarca abarrancada entre el escalón del Anchuelo y el cauce del Henares. A la izquierda el cerro del Viso y a la derecha Alcalá.

*Fot. J. Royo.*



Fot. 2.—La misma comarca de la fotografía 1, tomada desde Las Solanillas en el Viso. A la izquierda Alcalá, en el centro el puente de Zulema y al fondo el Ecce=Homo.

*Fot. J. Royo.*



Fot. 1.—El valle del Henares en Alcalá, con el cerro del Viso y el escalón del valle del Anchuelo.

*Fot. J. Royo.*



Fot. 2.—El cerro de Malvecino en Alcalá. A la izquierda el Henares y al fondo, a la derecha, el Ecce-Homo.

*Fot. J. Royo.*



Fot. 1.—El cerro del Viso desde el sur. Alcalá de Henares.

*Fot. J. Royo.*



Fot. 2.—El río Henares y los escarpes del Oligoceno en Alcalá de Henares.

*Fot. J. Royo.*

cional para hacer estudios de Geografía física, es la parte comprendida entre el cerro del Viso y el del Ecce-Homo, la cual, en realidad, es en conjunto una serie de conos de recepción de torrentes que van a parar al Henares (lámina VII). En pequeño, se parece efectivamente a los *Bad-Lands* de las Montañas Rocosas, en Norteamérica, como ya dijo el Sr. Carandell, pudiendo añadir nosotros que tiene también grandes analogías con el *ripe* o *balze* del Apenino. Este aspecto del terreno llamó ya la atención de nuestro insigne Prado (1864) y de los Sres. Fernández Navarro y Carandell, que de ello se han ocupado varias veces (1914-21).

Estos dos últimos geólogos han hecho un interesante estudio de conjunto del valle del Henares (1921), en el cual consideran que el avance lateral y alejamiento de la Cordillera Central es debido a varias series de capturas que han ido desviando al antiguo cauce dejando tras sí cerros testigos. Debemos de indicar, sin embargo, que estos cerros no existen, pues el Terciario que aflora en la ribera derecha y que a primera vista se podría creer que los formaba, aparece por debajo de las terrazas fluviales del río, que son las que siempre forman las cumbres; en cuanto al avance por sucesivas capturas, hemos de observar que el Henares es el que en su continuo desplazamiento hacia su ribera izquierda, va capturando a los ríos que en ella había y a los que quedan y que primitivamente irían a desembocar en el Jarama o en el mismo Henares, aunque más lejos de lo que ahora lo hacen, y no son ellos los que van captando a aquél, desviándole continuamente hacia la izquierda. Buenos ejemplos de las capturas producidas por el Henares los tenemos en las cercanías de Guadalajara; allí el arroyo de Chiloeches, entre otros, ha sido uno de los que durante el Pleistoceno formaba un

valle normal por encima de las arcillas y arenas rojas oligocenas que llegaba hasta Los Santos de la Humosa, bordeando al páramo, pero el Henares rejuveneciendo continuamente sus barrancos de la izquierda lo ha capturado dejando colgado su antiguo y anchuroso valle, con sus terrazas correspondientes. Ese escalón arcilloso que desde el Ecce-Homo, en Alcalá, se extiende hasta el mismo Humanes, está formado, pues, por una serie de valles o por un valle con sus afluentes, captado por el Henares por distintos puntos. A primera vista este escalón produce el efecto de ser una terraza del Henares y así ha sido considerado por el Sr. Dantin (1915), pero estudiando detenidamente la cuestión en el terreno, se ve que los aluviones allí existentes, si bien forman terrazas, no corresponden al Henares sino a los otros valles capturados.

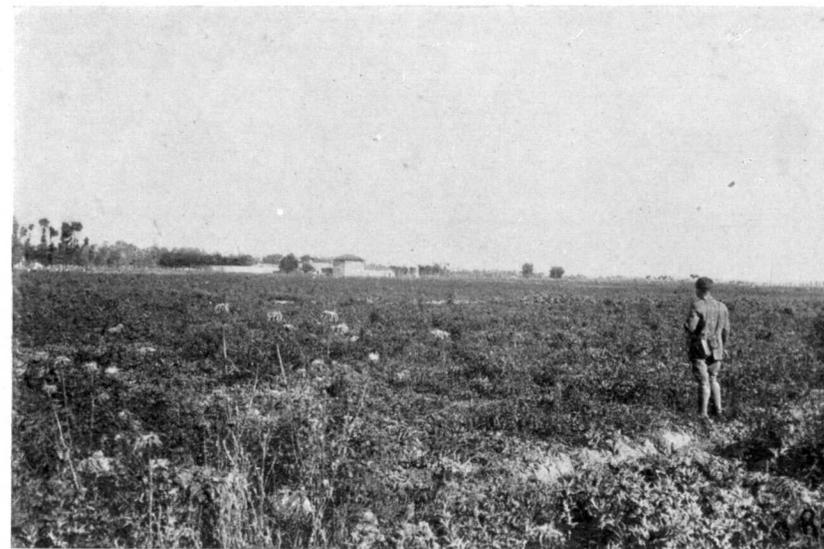
Sin salirnos de la Hoja de Alcalá se puede comprender ese tipo de capturas. Allí tenemos el valle anteriormente descrito, del Anchuelo o Pantueña, el cual es próximamente paralelo al Henares. Su divisoria, en el Pleistoceno, estuvo formada por los páramos que nacían desde cerca de Los Santos de la Humosa, pero el Henares y sus barrancos de la izquierda se han encargado de hacerlos casi desaparecer, dejándonos tan sólo como testigos de ellos a Las Pedrizas de Anchuelo, al Ecce-Homo y al Viso, los cuales tienen sus cumbres planas, alargadas en el sentido de la antigua divisoria. Esos barrancos son los que han aislado ya al Ecce-Homo y los que tienden (el barranco de Los Mártires entre otros) a aislar al cerro del Viso (lámina V, fot. 1) y ellos mismos son los que hacia el Gurugú van en busca del Anchuelo para capturarlo y repetir la historia de los cercanos a Guadalajara (lámina X, fot. 1).

Un hecho curioso que nos indica la rapidez de la ero-



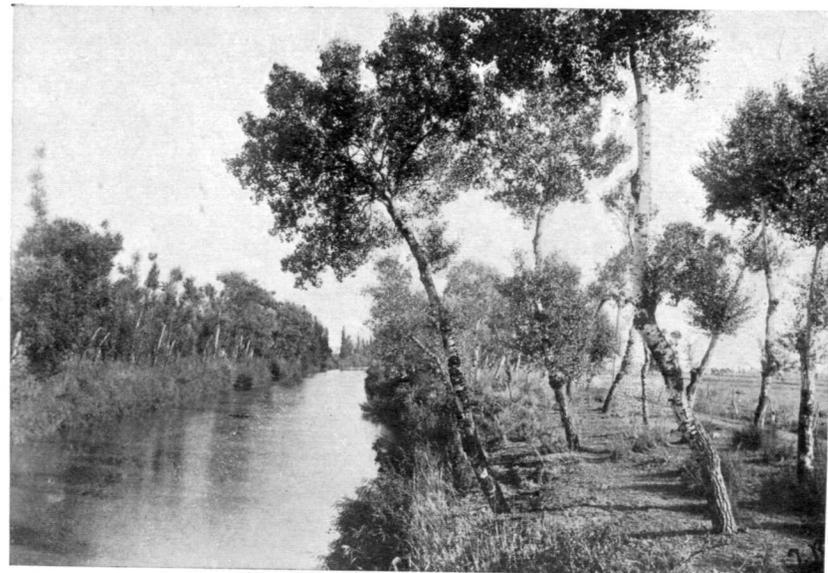
Fot. 1.—Escalón al N. del Gurugú, en Alcalá, cuya parte superior corresponde al valle del Anchuelo y las laderas a los barrancos del Henares.

Fot. J. Royo.



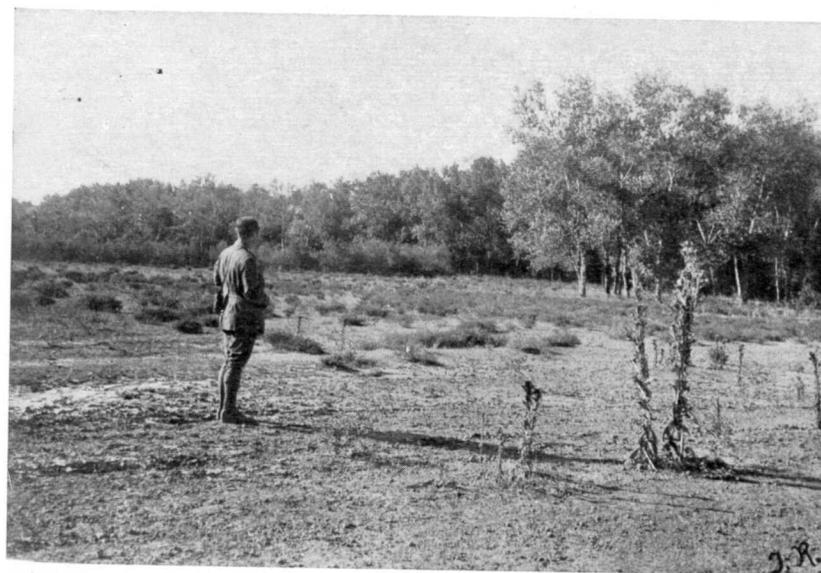
Fot. 2.—Llanura aluvial del Henares cultivada de patatas. A poniente del Viso, en Alcalá.

Fot. J. Royo.



Fot. 1.—El río Henares al oeste del Viso. Alcalá.

*Fot. J. Royo.*



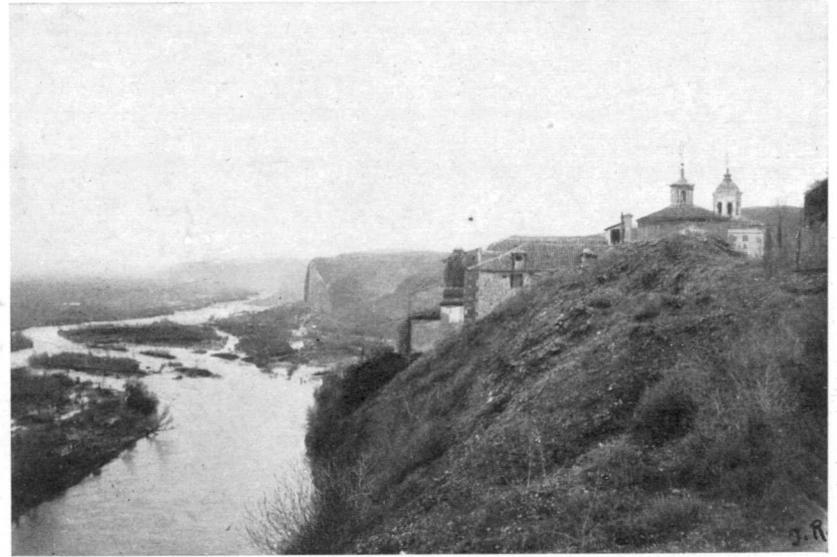
Fot. 2.—El soto de Aldovea en el Henares, al oeste del Viso. Alcalá.

*Fot. J. Royo.*



El valle del Jarama en Velilla de San Antonio. Al fondo los escarpes de Ribas y a la derecha la terraza inferior.

*Fot. J. Royo.*



Fot. 1.—Los escarpes oligocenos de Ribas en el río Jarama.

*Fot. J. Royo.*



Fot. 2.—El valle del Jarama aguas arriba de Ribas.

*Fot. J. Royo.*

sión en esta comarca lo tenemos en lo ocurrido con el cerro de Malvecino cercano al Ecce-Homo. En su cumbre aparecen en abundancia restos de cerámica prehistórica eneolítica, indicando la existencia allí de algún pequeño poblado en esa época, para lo cual tendría que ser mucho más extensa ya que actualmente es tan reducida que difícilmente pueden conservarse en ella algunas personas en pie (lámina VIII, fot. 2).

El cerro del Conde es otro buen ejemplo. Casi cónico, con algo de cresta que va a unirse al Ecce-Homo, avanza hacia el Henares; un barranco profundo por cada lado tiende a cortar aquella cresta y a separarlo totalmente del Ecce-Homo. Estudiando bien la reducida cumbre, se observa que además de fragmentos de cerámica prehistórica o protohistórica, en la parte que mira al río, que es la más suave, sobre ser muy pendiente está cubierta por un manto de cantos irregulares de caliza y de conglomerados correspondientes a la cima del Ecce-Homo; es decir, una verdadera formación de ladera de cuando el Ecce-Homo y el del Conde serían más extensos y estarían constituyendo uno solo. Formaciones de ladera de este tipo, con su inclinación propia y falta del punto de origen, aisladas por la erosión fluvial, son muy frecuentes en toda esta ribera.

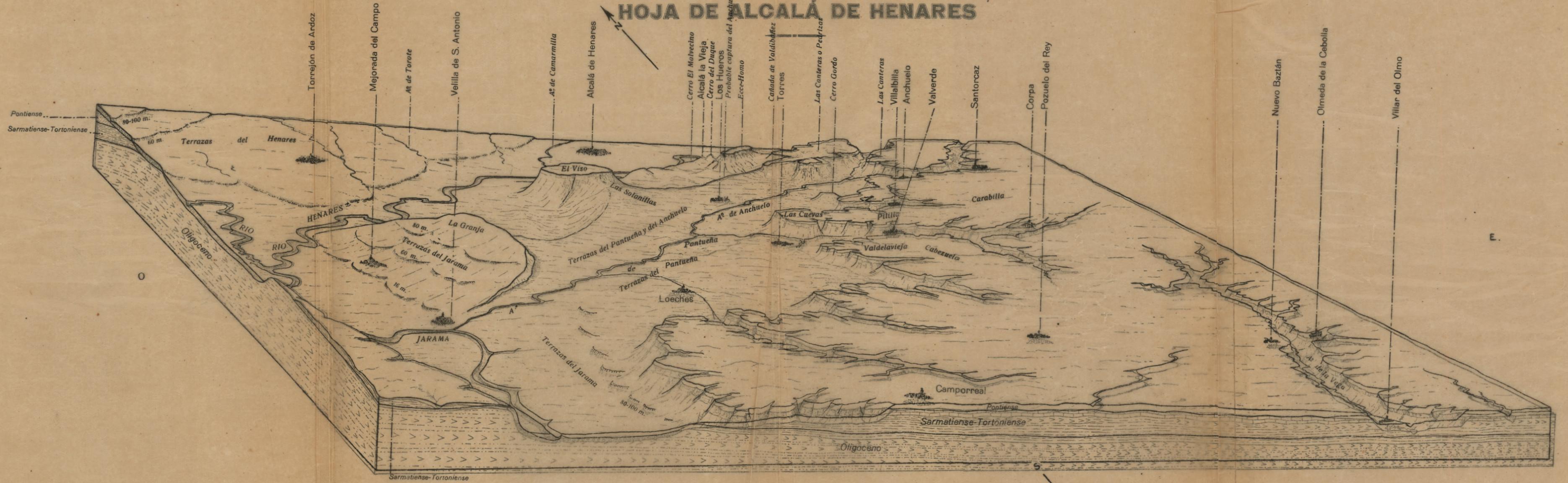
El río *Jarama*, que es el más importante, tiene un valle también disimétrico (lámina XII) pero más irregular, y así en unos sitios avanza sobre el Terciario por su margen derecha (Uceda a Fuente del Fresno y Mejorada del Campo a Vaciamadrid), dejando terrazas escalonadas en su margen izquierda, mientras que en otros puntos lo ha hecho al revés, como ocurre hacia la confluencia del Henares, desde Paracuellos, en donde gran parte de las terrazas que allí se ven son las mismas del Henares, que

las ha alcanzado en su avance erosivo, pudiendo ocasionar fácilmente con esto confusiones. Así, los Sres. Hernández-Pacheco (F.) y Aranegui, que tan bien han indicado la terraza de 16 m. y la de 3 m. (valle actual del Henares) en Alcalá y las cuatro más bajas del Jarama en las cercanías de Torrelaguna (1927), consideran a las aquí existentes como del Jarama cuando en realidad son del Henares.

Estas variaciones en el avance lateral del Jarama no son debidas solamente a la serie de meandros que va formando, sino que han sido influídas seguramente por sus diversos afluentes que, si bien muchos de ellos actualmente son arroyos sin importancia, durante el Pleistoceno han sido verdaderos ríos que han formado también sus correspondientes terrazas. Tal ocurre con los de su margen derecha por frente a Paracuellos y Torrejón de Ardoz, que lo desviarían hacia la izquierda haciendo que alcanzase por allí a las terrazas del Henares, mientras que éste, al unirse, lo hacía volver hacia la derecha y le obligaba a abandonar las terrazas que desde Mejorada se extienden hacia Arganda y formar los escarpes de Ribas de Jarama (lámina XIII). En la actualidad esta desviación del Jarama hacia la derecha se ha producido hasta en esa misma zona de Paracuellos, habiéndose ocasionado enormes meandros que unas veces excavan por la derecha y otras por la izquierda; tal ocurre entre Velilla de San Antonio y Ribas del Jarama, en donde ha debido de ir siempre hacia la derecha, formando los altos escarpes en las margas yesíferas de Ribas y dejando sus terrazas por Velilla; pero modernamente desde el mismo Ribas tuerce rápidamente hacia Velilla y deja abandonados parte de esos escarpes.

El valle actual o vega de este río es mucho más anchuroso que el del Henares y tanto el del uno como el del

PERSPECTIVA PANORÁMICA  
DE LA  
HOJA DE ALCALÁ DE HENARES



Pontiense  
Sarmatiense-Tortonense

80-100 m.  
60 m. Terrazas del Henares

Oligoceno  
RIO HENARES  
RIO JARAMA

Sarmatiense-Tortonense

Oligoceno

Pontiense  
Sarmatiense-Tortonense

Torrejón de Ardoz

Mejonada del Campo

As de Torote

Velilla de S. Antonio

As de Camarmilla

Alcalá de Henares

Cerro El Malvecino  
Alcalá la Vieja  
Cerro del Duque  
Los Hueros  
Probable captura del Anchuelo por el Henares  
Ecc-Homo

Cañada de Valdebarbaz

Torres

Las Canteras o Pedrizas

Cerro Gordo

Las Canteras

Villalbilla

Anchuelo

Valverde

Santorcaz

Corpa

Pozuelo del Rey

Nuevo Baztán

Olmeda de la Cebolla

Villar del Olmo

El Viso

Las Solanillas

Terrazas del Pantueña y del Anchuelo

Pantueña

Las Cuevas

Valdelavieja

Cabezuela

Carabilla

La Granja

Terrazas del Jarama

Terrazas del Jarama

Loeches

Camporreal

As de la Vega

E.

otro se prestan muy bien para los cultivos de regadío y arbolado a semejanza de los alrededores de Aranjuez, pero aquí están menos activamente aprovechados, existiendo grandes extensiones sin cultivar, que se utilizan para pastos de toros bravos. Las patatas, la alfalfa y en general todas aquellas plantas resistentes a las heladas se dan muy bien y constituyen una verdadera riqueza.

Por último, el *arroyo de la Vega*, en el extremo SE. de la hoja, afluente del río Tajuña, tiene un valle que es típico de la región de los páramos, ya que es profundo (130 metros) y estrecho, con riberas casi verticales. El arroyo que lo recorre tiene actualmente poca importancia, aunque se nutre con buenos manantiales. Aquí, lo mismo que en el arroyo Pantueña y sus afluentes (el de Loeches o de la Alameda, principalmente), debido a lo arcilloso de sus altas vertientes son frecuentes los deslizamientos y hundimientos locales del terreno, que favorecen el acúmulo de las aguas infiltrantes dando origen a manantiales. El monte se conserva bastante bien en todo el valle, uniéndose en las cumbres con el que ya hemos dicho que existe en estos páramos.

El bloque panorámico, que acompañamos a esta descripción, puede aclararla y dar idea rápida del conjunto.

## DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La Geología de la Hoja de Alcalá tiene un excepcional interés para todo el que se ocupe en el estudio del Terciario continental, pues en ella se encuentran representados los varios tipos que esa formación presenta en la cuenca del Tajo, excepto las arenas y conglomerados paleógenos que tan desarrollados están en los bordes y que aquí parece que están sustituidos por areniscas y arcillas de elementos finos. Este interés aumenta más aún por la coincidencia de que es aquí, junto al mismo Alcalá, en donde se ha emplazado un sondeo que, dirigido por el Instituto Geológico y Minero, tiende a captar las aguas subterráneas de la cuenca y nos da a conocer al mismo tiempo la composición geológica del subsuelo, pasando de este modo las hipótesis que de él se hacían a realidades. El estudio de este sondeo va en capítulo aparte, pero de él tomaremos algunos datos necesarios para completar la Geología de la comarca.

Son muy pocos los trabajos que con anterioridad se han ocupado de la Geología de esta región, pudiéndose decir que esta es la primera vez que se hace de ella un estudio detenido. Vamos a reseñar, sin embargo, por creerlo de interés, las obras que nos ofrecen datos sobre ella, indicando lo que digan de su Geología y Geografía:

1864.—PRADO, C.: «Descripción física y geológica de la provincia de Madrid.» *Junta general de Estadística*, págs. 129 a 131, 138, 160, 162, 169, 206, Madrid.

Este insigne geólogo, con su fino espíritu de observación es el primero en ofrecernos datos, tanto del Terciario como del Cuaternario, presentándonos cortes geológicos acerca de los cuales haremos más adelante algunas observaciones.

1887.—QUIROGA, F.: «Excursión desde Torrejón de Ardoz a Arganda.» *Act. de la Sociedad Esp. de Historia Natural*, t. XVI, págs. 11-12. Madrid.

Son los primeros datos publicados acerca de Loeches, señalando ya las margas yesíferas, la caliza, etc.

1887.—QUIROGA, F.: «Excursión al cerro de Almodóvar y San Fernando.» *Bol. de la Instit. libre de Enseñanza*, núm. 241, págs. 59-60. Madrid.

Siguiendo las ideas entonces predominantes, considera a los conglomerados de las terrazas de San Fernando y Torrejón de Ardoz como del Terciario, aunque señala al mismo tiempo la existencia de margas yesíferas por debajo de ellas.

1906.—SÁNCHEZ LOZANO, R. y ALVAREZ ARAVACA, M.: «Estudios hidrogeológicos. Cuenca del Tajo. Provincia de Madrid. Zona entre los ferrocarriles de Madrid a Zaragoza y de Madrid a Cáceres y Portugal.» *Bol. de la Com. del Mapa Geol. de España*, t. XXVIII, págs. 265-295. Madrid.

Estudio y en algún caso indicación de las fuentes y manantiales de Santorcaz, Anchuelo, Corpa, Santos de

la Humosa, Loeches (no las medicinales), haciéndose al principio una rápida reseña geológica en la que se considera a todos los estratos inferiores al horizonte de las calizas como pertenecientes a la división media del Mioceno lacustre o sea al de las margas yesíferas, con un espesor mayor de 200 metros. En la superior, además de las calizas señalan ya la existencia de arcillas, margas y arenas intercaladas entre dos bancos de aquéllas, alcanzando el conjunto un espesor de 60 metros en algunos sitios.

1909.—FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: «Manchones terciarios en el diluvium.» *Bol. de la R. Sociedad Esp. de Historia Natural*, t. IX, pág. 333. Madrid.

Da ya más extensión a los manchones terciarios de la que Prado les asignó, siendo importante para nosotros lo que dice sobre el que está comprendido entre Paracuellos de Jarama y Torrejón de Ardoz, en donde indica la existencia de sílex y ópalo y deja reducido el Cuaternario a la cubierta de aluviones.

1914.—FERNÁNDEZ NAVARRO, L. y CARANDELL, J.: «El borde de la meseta terciaria en Alcalá de Henares.» *Bol. de la R. Sociedad Esp. de Historia Natural*, t. XIV, págs. 302-310. Madrid.

Es una de las más importantes aportaciones para el conocimiento de la Geología de la comarca y de su Geografía. En Los Santos de la Humosa y fuera de la Hoja de Alcalá, pero muy cerca de sus límites, señalan por primera vez la existencia de las gigantescas *Testudo*. Dan a conocer a grandes rasgos la estratigrafía y se detienen particularmente en el estudio de los conglomerados de la cumbre del Viso que los refieren a un río mioceno que procedería del NO. de la provincia de Guadalajara (?).

Se extienden en interesantes consideraciones geográficas sobre alguna de las cuales hemos de insistir más adelante.

1917.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: «Hallazgo de tortugas gigantes en el Mioceno de Alcalá de Henares.» *Bol. de la R. Sociedad Esp. de Historia Natural*, t. XVII, págs. 194-202. Madrid.

Se da cuenta en él del descubrimiento de los restos de grandes *Testudo* en el barranco de los Mártires, en Alcalá de Henares, haciendo con este motivo un detallado corte geológico del cerro del Viso. Como sobre este trabajo hemos de volver al tratar del cerro del Viso y de las *Testudo* en la parte paleontológica, no nos extendemos más aquí.

1917.—HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: «El problema de la investigación científica en España. (Año y medio de investigaciones geológicas).» *Asoc. Esp. Progr. Cienc.*, Congreso de Sevilla, t. II, Conferencias. Madrid.

Es complemento del anterior, considerándose ya como una nueva especie a la *Testudo* gigantesca de Alcalá, y en general de nuestro Mioceno, dándole el nombre de *T. bolivari*.

1921.—FERNÁNDEZ NAVARRO, L. y CARANDELL, J.: «El borde de la meseta terciaria en Alcalá de Henares». Segunda nota. *Bol. de la R. Sociedad Esp. de Historia Natural*, t. XXI, págs. 329-334. Madrid.

Este trabajo es la continuación del que publicaron estos profesores en 1914 y lo dedican exclusivamente a describir los tipos del relieve y a la evolución de la meseta terciaria. Sobre él insistiremos más adelante.

1922.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «El Mioceno continental ibérico y su fauna malacológica.» *Mem. 30, Com. Invest. paleont. y prehist.*, Junta para Ampl. de Estudios. Madrid.

Se resumen los datos geológicos y siguiendo la clasificación entonces admitida para el Terciario se incluyen en el Sarmatiense a las margas yesíferas en donde nacen los manantiales de aguas purgantes de Loeches, idea que se rectifica en el trabajo siguiente.

1926.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «Sur la présence de marnes et de gypse paleogènes dans le haut bassin du Tage.» *C. R. S. de la Soc. Géol. de France*, 1926, núm. 8, págs. 71-74. París.

Noticia preliminar en la que se refieren ya al Paleógeno las margas yesíferas gris verdosas de Vallecas y Ribas de Jarama que tanto se extienden en esta Hoja (Mejorada del Campo, Loeches, etc.).

1926.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «Edad de las formaciones yesíferas del Terciario ibérico.» *Bol. de la R. Sociedad Esp. de Historia Natural*, t. XXVI, páginas 259-279. Madrid.

Trabajo extenso, ampliación del anterior en el que se detallan los hechos que le han inducido a incluir en el Paleógeno a aquellas margas yesíferas. Por primera vez se hace un corte geológico a escala que relacione el Terciario de Madrid y sus yacimientos de vertebrados con el de Alcalá de Henares; en él hay que rectificar algo de la parte comprendida entre La Granja y el cerro del Viso, pues hemos podido comprobar ahora al estudiarlo con más detenimiento que las capas 4 del Viso son las correspondientes a las margas yesíferas (1 del corte), pero que allí han perdido los yesos.

Se señalan también por primera vez, aunque incidentalmente, las tres terrazas del Jarama que cubren al Terciario entre Mejorada del Campo y La Granja.

1926.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «Tectónica del Terciario continental ibérico.» *Bol. del Inst. Geol. de España*, t. XLVII y *Comptes Rendus de la XVI<sup>e</sup> session du Congr. Géol. Intern.*, 2.<sup>o</sup> fasc. Madrid.

Se reafirman las ideas anteriores y se repite el corte geológico indicado precedentemente.

1927.—ROYO Y GÓMEZ, J.: «Geología y Paleontología del Terciario situado al N. de Guadalajara.» *Bol. de la R. Sociedad Esp. de Historia Natural*, t. XXVII, págs. 120-133. Madrid.

Se indica ya que el río Henares «desde su confluencia con el Jarama hasta Humanes, forma un valle típicamente disimétrico, cuya ribera derecha está constituida por la llanura cuaternaria en la que pueden distinguirse unas tres series de terrazas escalonadas, mientras que la izquierda, en contraste con aquélla, es muy escarpada y está formada por las rápidas laderas de las mesetas y páramos miocenos».

1927.—HERNÁNDEZ-PACHECO, F. y ARANEGUI, P.: «Las terrazas cuaternarias del río Jarama en las inmediaciones de San Fernando y Torrelaguna (Madrid).» *Bol. de la R. Sociedad Esp. de Historia Natural*, t. XXVII, págs. 310-316. Madrid.

En este trabajo, interesante por señalarse varias terrazas cuaternarias, se persiste en la idea de que son miocenas las margas yesíferas gris verdosas tipo Vallecas que afloran entre San Fernando y Torrejón de Ardoz. Se con-

sidera como terraza del Jarama, de unos 30 metros, a la que corta el ferrocarril a la izquierda del río, en dirección a Torrejón de Ardoz; hemos podido ver que se trata de la terraza del Henares, que viene ya desde Humanes pero que aquí ha sido en parte destruida por el Jarama en otros tiempos. La terraza del cortijo de Quintana, al NO. de Torrejón, se refiere igualmente al Jarama con una altitud de 50-60 metros, la cual también debe considerarse como del Henares, según hemos podido comprobar, así como la de 100 m. que señalan también allí.

1927.—ARANEGUI, P. y HERNÁNDEZ-PACHECO, F.: «Las terrazas cuaternarias del río Henares en las inmediaciones de Alcalá (Madrid).» *Bol. de la R. Sociedad Esp. de Historia Natural*, t. XXVII, páginas 341-343. Madrid.

Corta, pero importante nota, en la que se señalan como materiales torrenciales cuaternarios los cantos que aparecen sobre las arcillas terciarias a la izquierda del Henares, cerca del puente de Zulema. Se dan como terrazas de tres metros los aluviones del valle actual del Henares y como de 20 m. a los del campo del Angel.

\* \* \*

Por la rápida reseña de trabajos que acabamos de hacer, se ve que casi todos ellos se refieren a las inmediaciones de Alcalá de Henares o a lo sumo a las proximidades de la línea del ferrocarril.

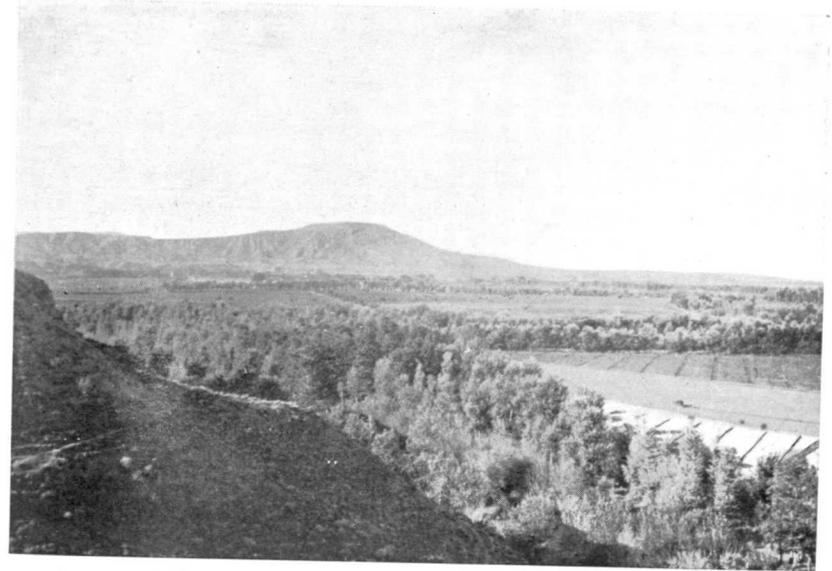
En los estudios realizados para esta Hoja hemos recorrido detenidamente todo el territorio que ella abarca, con lo que podemos presentar ya una larga serie de obser-

vaciones nuevas que pueden dar una buena idea de su geología y servir de base para futuras investigaciones, puesto que consideramos inagotable a este campo científico.

### DATOS GEOLÓGICOS LOCALES

**ALCALÁ DE HENARES.**—Está situada la población en la dilatada llanura actual del valle del Henares, que se extiende en su margen derecha, la cual llega aquí a tener algo más de dos kilómetros de anchura a causa de los meandros del río. En los pozos de las huertas y en los de la población puede verse que esta llanura está constituida por una capa de aluviones finos recientes, de uno a seis metros de espesor, formados por arenas y arcillas pardo rojizas con algún canto rodado, debajo de los cuales vienen más de cuatro metros de otros aluviones gruesos integrados por cantos rodados de cuarcita y caliza de tamaño en general pequeño, aunque algunos pueden alcanzar 20 centímetros de diámetro. Esta llanura está inclinada suavemente hacia el río, de modo que junto a su cauce (580 m.), se eleva de 2 a 3 metros y en la parte más lejana (depósito del agua, casa del Angel, etc.) alcanza hasta 11 ó 12 metros (591 m.). En ella y cerca de la estación del ferrocarril ha sido emplazado el sondeo, cuyo estudio se hace aparte aunque va unido a esta Memoria, por lo cual no lo tratamos aquí.

Bordeando por el NO. la llanura indicada se levanta un escalón de unos 8 ó 9 metros de altura, el cual se extiende constituyendo otra llanura interrumpida tan solo por los valles de los afluentes del Henares, tales como el arroyo de Camarmilla. Está formado este escalón por un manto de unos 2 a 4 metros de espesor, de cantos rodados



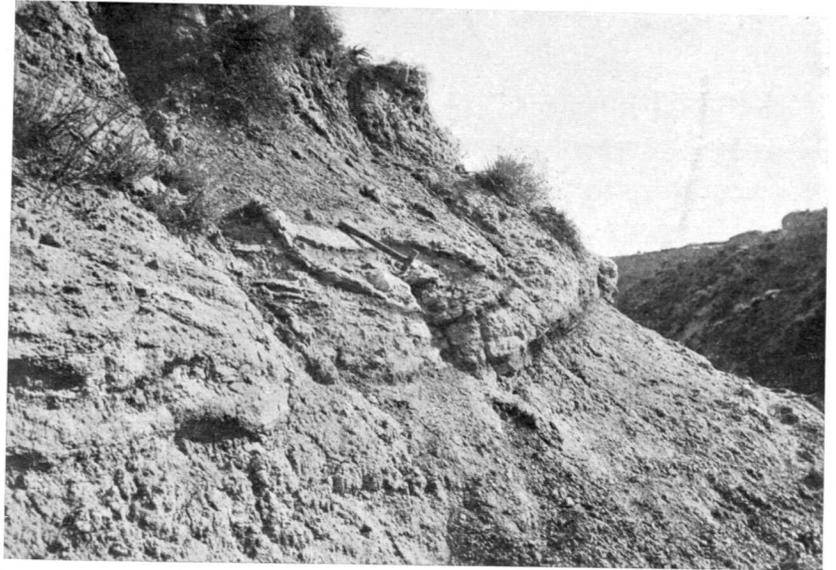
Fot. 1.—El cerro del Viso y la llanura del Henares desde el N. de Alcalá.

*Fot. J. Royo.*

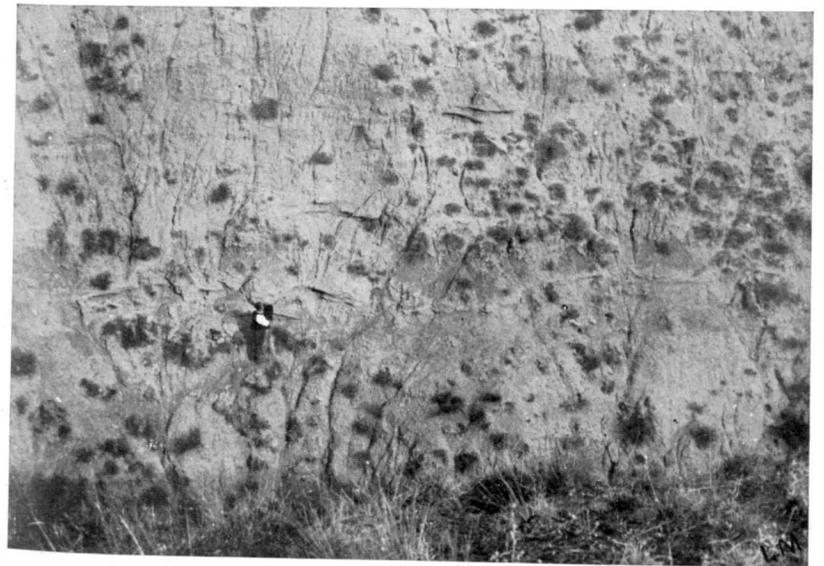


Fot. 2.—Conjunto del Terciario en el barranco de los Mártires y cerro del Viso. Alcalá de Henares.

*Fot. J. Royo.*



Fot. 1.—Uno de los ejemplares de *Testudo bolivari* descubierto ahora en la parte alta del barranco de los Mártires. Alcalá.



Fot. 2.—Situación del ejemplar de *Testudo* de la fotografía 1, en el escarpe del barranco de los Mártires. Alcalá.

Fot. L. Menéndez Puget.

de cuarcita y alguno de caliza de tamaño mediano (10-20 centímetros de diámetro como máximo), que son activamente explotados en varias canteras como la de la cuesta del Tío Tino al O. de la casa del Angel (lámina XXVII, fot. 1). Sobre esta zona de cantos hay arenas arcillosas pardo rojizas y por debajo asoman las arcillas plásticas y arenas arcillosas rojizas del Oligoceno, que tan desarrolladas están a la izquierda del Henares.

El borde de este escalón está a unos 20 metros sobre el cauce del Henares, de modo que se trata de la terraza cuaternaria de esa altitud, sobre la que están situados el depósito de las aguas de Alcalá, la casa del Angel y el campo de aviación.

INMEDIACIONES DE ALCALÁ DE HENARES.—La gran diseción de los estratos terciarios obrada por el río Henares y sus barrancos en la ribera izquierda, hace que los alrededores de Alcalá sean ideales para el estudio de esta formación. Allí encontramos los dos tipos de Terciario: el de facies detrítica y el detrítico-lacustre; el uno, el que luego veremos que se extiende por la campiña con carácter aún más marcadamente detrítico, y el otro, el que viene a integrar la zona de los páramos o sea gran parte de la Alcarria.

*El Cerro del Viso.*—Al SO. de Alcalá se levanta ingente (lámina VIII, fot. 1; lámina IX, fot. 1 y lámina XIV, fot. 1), con laderas casi verticales, fuertemente abarrancadas, excepto por el SE. por donde se une, mediante una especie de istmo llamado Las Solanillas, al valle del Anchuelo (lámina V, fot. 1 y lámina XIV, fot. 1). Su cumbre alargada y ligeramente cóncava es un pequeño resto de los grandes páramos que se extienden más al E.; su máxima altitud corresponde al extremo NE., con 780 m. o sea poco más de 200 m. sobre el cauce del Henares.

Su ladera NE. es la mejor para estudiar su estratigrafía, pues allí el barranco de Los Mártires lo excava rápidamente y es muy pobre en vegetación (lámina XIV, fot. 2). En la parte alta de este barranco fué donde el profesor Hernández-Pacheco (1917), con sus alumnos, descubrió los primeros ejemplares de *Testudo bolivari* y poco después hacía las correspondientes excavaciones para extraerlos, ayudado por los Sres. Royo y Gómez, Hernández-Pacheco (F.) y el preparador Molina, del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Se exploró entonces detenidamente el horizonte de la *Testudo* desde la cuesta de Zulema al Viso, señalando unos veinte puntos en donde asomaban restos de otros tantos ejemplares; de ellos se excavaron algunos, especialmente los que estaban arriba de todo el barranco, en el que no quedó ninguno, siendo precisamente en este sitio donde ahora hemos encontrado dos ejemplares más casi completos (lámina XV).

La estratigrafía en esta ladera muestra las siguientes capas (fig. 9.<sup>a</sup>):

1. Conjunto de arcillas plásticas, sabulosas y micáceas de color rojo oscuro e impalpables en alternancia con lechos delgados de color gris verdoso que en general son más sabulosos. La estratificación forma lechos delgadísimos indicando sedimentación muy tranquila, pues si alguna vez la hay cruzada es muy suave. Abundan las eflorescencias de sulfato magnésico sobre todo en las zonas verdosas. La consolidación de las rocas varía algo, pudiéndose decir que hay alternancia de capas coherentes con otras muy deleznables, de lo cual se aprovecha la erosión fluvial para labrar en ellas un verdadero laberinto de profundos y estrechos barrancos, separados a veces por verdaderas cuchillas. Las arcillas enteramente parecen talcosas por ser muy untuosas al tacto, formándose

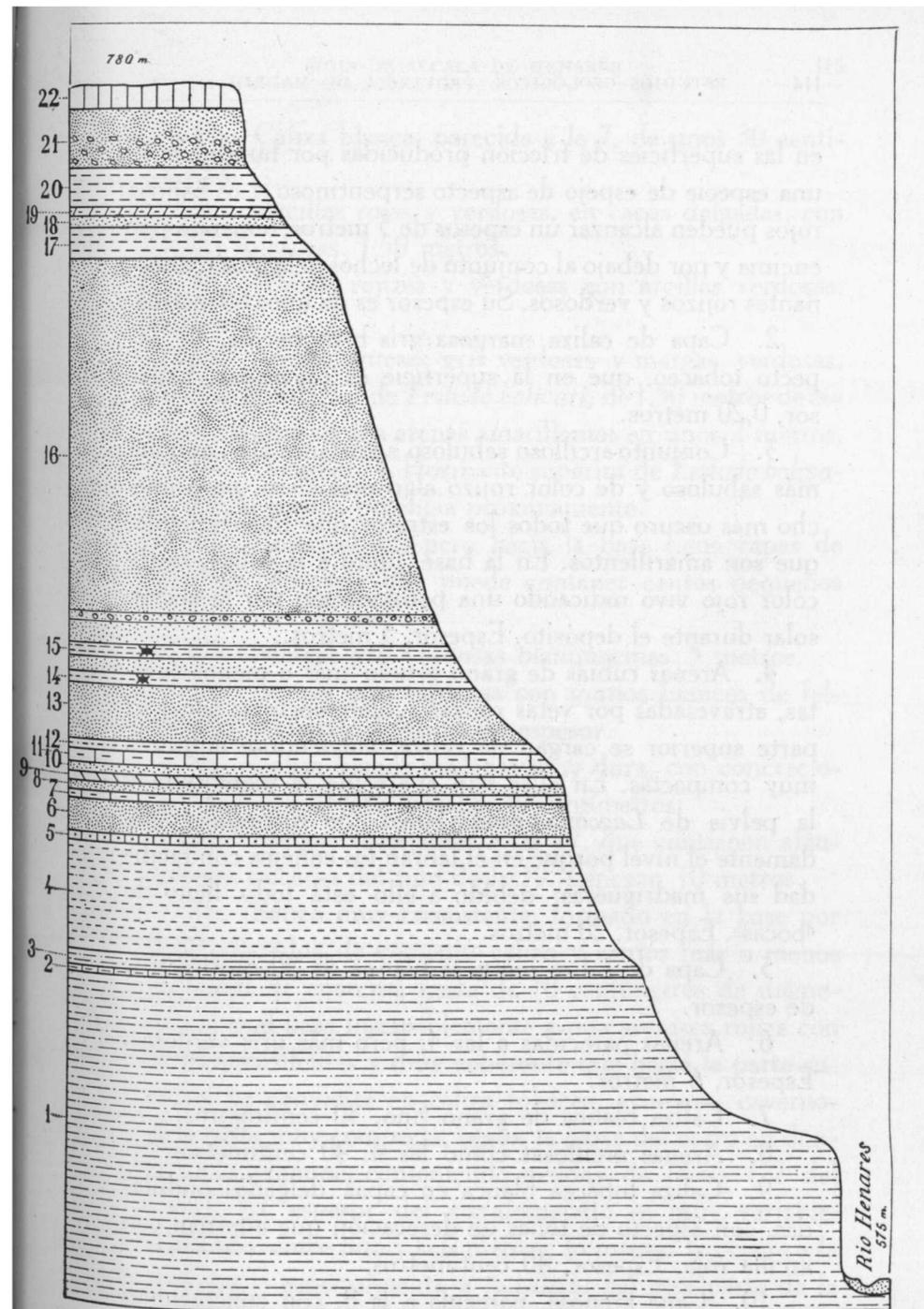


Fig. 9.<sup>a</sup>—Corte del cerro del Viso en el barranco de los Mártires: 1 a 3, Oligoceno; 4 a 20, Tortonien-Sarmatiense; 21 y 22, Pontiense. En la parte superior del 4 ya cimiento de *Lagomys peñai*; 14 y 15, niveles de *Testudo*.

en las superficies de fricción producidas por hundimiento una especie de espejo de aspecto serpentinoso. Los bancos rojos pueden alcanzar un espesor de 5 metros, teniendo por encima y por debajo al conjunto de lechos delgados y alternantes rojizos y verdosos. Su espesor es de unos 60 metros.

2. Capa de caliza margosa gris blanquecina, de aspecto tobáceo, que en la superficie es cavernosa. Espesor, 0,20 metros.

3. Conjunto arcilloso sabuloso semejante al 1, aunque más sabuloso y de color rojizo algo más claro, pero mucho más oscuro que todos los estratos que tiene encima, que son amarillentos. En la base, junto a la caliza, es de color rojo vivo indicando una peroxidación por la acción solar durante el depósito. Espesor, 5 metros.

4. Arenas rubias de grano grueso más o menos sueltas, atravesadas por vetas rojizas y blanquecinas; hacia su parte superior se cargan de caliza, volviéndose entonces muy compactas. En ellas han aparecido la mandíbula y la pelvis de *Lagomys peñai* Royo. Se distingue rápidamente el nivel porque en él labran los conejos con facilidad sus madrigueras; debido a ello está todo lleno de «bocas». Espesor, 20 metros.

5. Capa de caliza margosa blanca de 30 centímetros de espesor.

6. Arenas parecidas a las 4, pero más gris verdosas. Espesor, 6 metros.

7. Caliza blanca de grano fino, 30 centímetros.

8. Arenas arcillosas como las 4. 40 centímetros.

9. Caliza tobácea blanca en capas delgadas onduladas, con aspecto de tobas de desecación que alternan con arcilla roja. Espesor, 40 centímetros.

10. Capa arenosa, parecida a la 8, con concreciones calcáreas. Un metro de espesor.

11. Caliza blanca, parecida a la 7, de unos 30 centímetros.

12. Arcillas rojas y verdosas, en capas delgadas, con arenas micáceas. 1,50 metros.

13. Arenas rojizas y verdosas con arcillas verdosas. 5 metros.

14. Arenas gruesas gris verdosas y margas verdosas. Horizonte inferior de *Testudo bolivari*, de 1,50 metros de espesor, al cual siguen arenas amarillentas en unos 2 metros.

15. Como el 14. Horizonte superior de *Testudo bolivari*, con la misma potencia próximamente.

16. Como el 13, pero hacia la base tiene capas de arenisca compacta que puede contener cantos pequeños de cuarcita. 58 metros.

17. Margas gris verdosas blanquecinas. 5 metros.

18. Arenas gris verdosas con granos blancos de feldspato y cuarzo. 1,50 m. de espesor.

19. Caliza blanca margosa muy dura, con concreciones de caliza fibroso-radiada. 40 centímetros.

20. Margas semejantes a las 17, que contienen alguna capa calcárea del tipo de la 19. Espesor, 10 metros.

21. Banco muy consistente, formado en la base por conglomerados de cemento calizo y cantos más o menos redondos de cuarcita, hasta de 10 centímetros de diámetro, el cual pasa insensiblemente a una arenisca rojiza con vetas amarillentas y muy coherente que hacia la parte superior se convierte en caliza tobácea, grumosa, cavernosa y hasta muy compacta, según la parte del cerro en donde se la examine, conteniendo moldes de *Helix* (22 del corte). El espesor del conglomerado es muy variable, oscilando entre uno y seis metros; lo mismo le ocurre a la arenisca y especialmente a la caliza. En esta parte de la cumbre el conjunto tiene unos 10 metros.

La cumbre, formada por tierra de labor para cereales, posee gran cantidad de restos de cerámica prehistórica o protohistórica que en los sitios no alcanzados por el arado van acompañados de porciones esqueléticas de cabra, cerdo, etc., que procederían de los desperdicios de aquellos remotos hogares.

Como ya hemos dicho, el cerro del Viso lo estudiaron los Sres. Fernández Navarro y Carandell, siendo los primeros en indicar la existencia de conglomerados en la cumbre, pero fué sin embargo el Sr. Hernández-Pacheco el que hizo un corte muy detallado con motivo del descubrimiento de la *Testudo*. Este corte, en rasgos generales, coincide con el nuestro, pero hemos podido señalar algunos datos nuevos y hacer ligeras rectificaciones. Las más dignas de tenerse en cuenta son, por una parte, la altitud de los horizontes de la *Testudo*, que es de unos 110 metros sobre el río para el inferior y no de 150, por lo cual los estratos superiores a éstos tienen próximamente 90 metros de espesor y no 50 m. En cuanto a estas capas más elevadas, no sólo están formadas por arenas micáceas sino, además, por margas y calizas; el paso de los conglomerados a las calizas no se hace directamente sino por medio de areniscas de cemento calizo muy compactas. Se indican en él lentejones de cantos rodados de cuarcita, intercalados en las arenas señaladas con el número 13, que no hemos encontrado, pues los cantos que alguna vez aparecen, son superficiales y proceden de la cubierta cuaternaria o del conglomerado de la cumbre.

En la ladera N., lo mismo que en la de poniente, han sido muy frecuentes los deslizamientos, por lo cual las capas aparecen muy inclinadas y la estratigrafía se enmascara.

En el barranco de la Mina, situado a levante del caserío, hemos podido ver el siguiente corte (fig. 10):

1. Arcillas plásticas y arenas exactamente iguales a las del 1 del barranco de los Mártires.
2. Corresponde a la 2 del mismo corte.

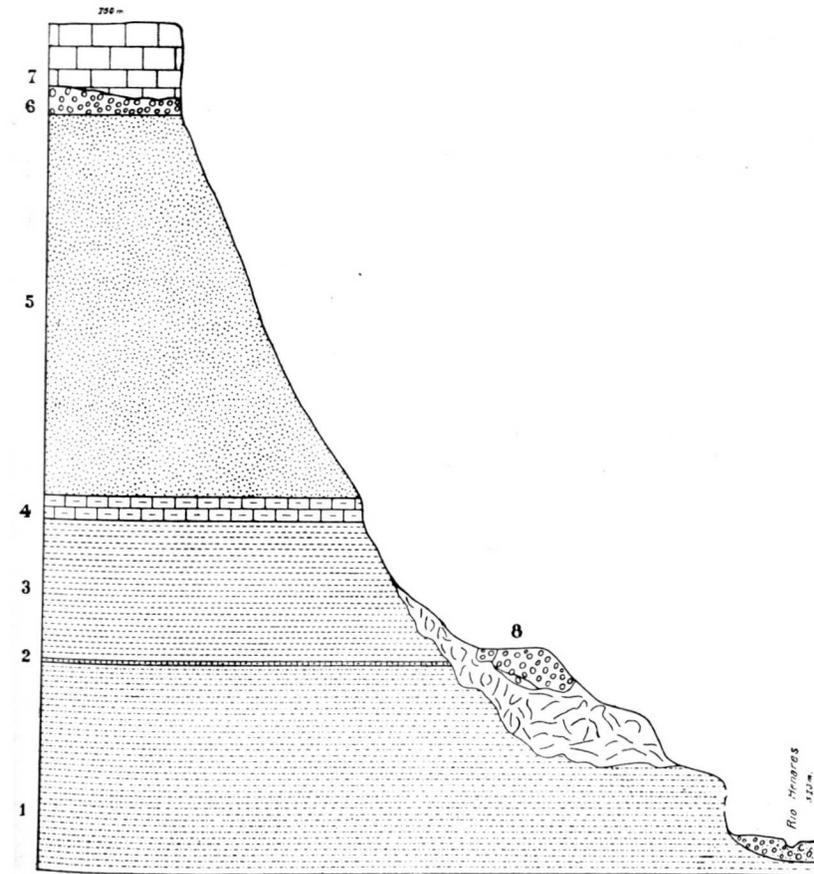


Fig. 10.—Corte del cerro del Viso en el barranco de la Mina: 1 y 2, Oligoceno; 3 a 5, Tortoniense=Sarmatiense; 6 y 7, Pontiense; 8, Mioceno deslizado.

3. Arcillas y arenas que representan a las 3-6 de la figura 9.
4. Caliza muy blanca de unos dos metros de espesor, que debe ser continuación de las 7-11 de la otra ladera.
5. Arenas grises más o menos amarillo rojizas, en

alternancia con otras más arcillosas y rojizas de coherencia variable. Unos 100 metros de potencia.

6. Conglomerados como los de la otra ladera, de espesor variable, siendo de 4 metros el término medio (lámina XVI).

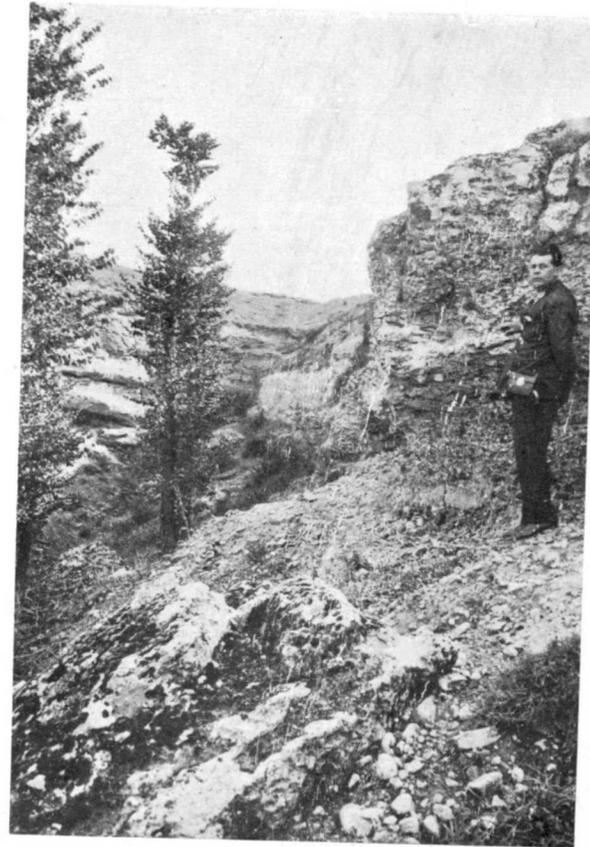
7. Calizas típicas de los páramos, de grano fino y con pisolitas cuyo núcleo central suele estar formado por restos de vegetales, conteniendo también algunos moluscos. Son tan compactas y de tan buena calidad que se utilizan para construcción y el encintado de las carreteras.

8. Conglomerados y calizas de la cumbre, hundidos y mezclados con restos de las capas inferiores.

En el extremo SO. del cerro del Viso el conjunto es mucho más detrítico que en el resto del cerro. En la base aparecen las mismas arcillas y areniscas arcillosas de siempre, de color rojo oscuro, a las que sigue la capa calcárea delgada, pero no existen las capas de caliza blanca que tanto destacan en las otras laderas, estando sustituidas por arcillas gris azuladas y arenas. En las capas superiores aparecen los conglomerados y, sobre ellos, las calizas de los páramos formando ceños de unos ocho metros, los cuales contienen moldes de *Hydrobia*, *Lymnaea*, etc.

Estudiando, pues, la estratigrafía del cerro se nota, que hacia el NO. van desapareciendo los sedimentos de origen químico y que sus capas forman un ligero sinclinal, cuyo eje va de NNE. a SSO.

*Cuesta de Zulema a la Cañada de Valdibáñez.*—Entre el cerro del Viso y los de las Canteras de Anchuelo y del Ecce-Homo se extiende una comarca fuertemente abarrancada en forma de anfiteatro alrededor del Henares, cuya parte alta o escalón corresponde ya al valle del Anchuelo (láminas IV y VII). Aquí son las arcillas plásticas y arenas rojo oscuras de la base las que predominan, y en



Conglomerados pontienses del barranco de la Mina.  
Cerro del Viso. Alcalá. Fot. J. Royo.

dicho borde del escalón o en los cerros, en donde se conservan las capas superiores a aquéllas, no quedan ya más que las inferiores a los horizontes de la *Testudo*. En este horizonte, que aquí estaba aún sin explorar, hemos tenido la suerte de encontrar dos ejemplares en el camino viejo de Los Hueros a Alcalá, y tres en la cabecera del barranco de la Leche.

En las proximidades del Henares es muy frecuente el encontrar sobre los estratos terciarios capas de cantos de cuarcita, de caliza, etc., restos de antiguas torrenteras o formaciones de ladera de cerros que hoy ya no existen. El borde del escalón, en lo más alejado del Henares, se ve claramente que es el valle del Anchuelo, robado por los barrancos del Henares, estando cubierto por esa misma formación de cantos en espesor hasta de 4 metros, con pendiente inclinada hacia el Anchuelo (lámina X, fot. 1), los cuales unas veces constituyen la parte alta de terrazas de este arroyo, y otras, brechas de ladera de cuando el cerro de las Canteras y el del Ecce-Homo estaban unidos al del Viso.

Nos podemos formar clara idea de la estratigrafía de esta comarca por los cortes siguientes, correspondientes el uno, el del camino de Los Hueros, a la parte meridional del escalón, y el otro, el del cerro de Malvecino a los cerros de junto al Henares, en el extremo septentrional.

El corte en el camino de Los Hueros es la continuación hacia el E. del que hemos descrito del Viso en el barranco de los Mártires, y con muy ligeras diferencias está formado por las mismas capas (fig. 11):

1. Es el mismo estrato del Viso. En él están los barreros para los tejares de D. Cándido Germán, de D. Félix Huerta y D. Manuel Azaña, que ocupan gran extensión. Hacia el interior de los barrancos aparecen vetas de yeso

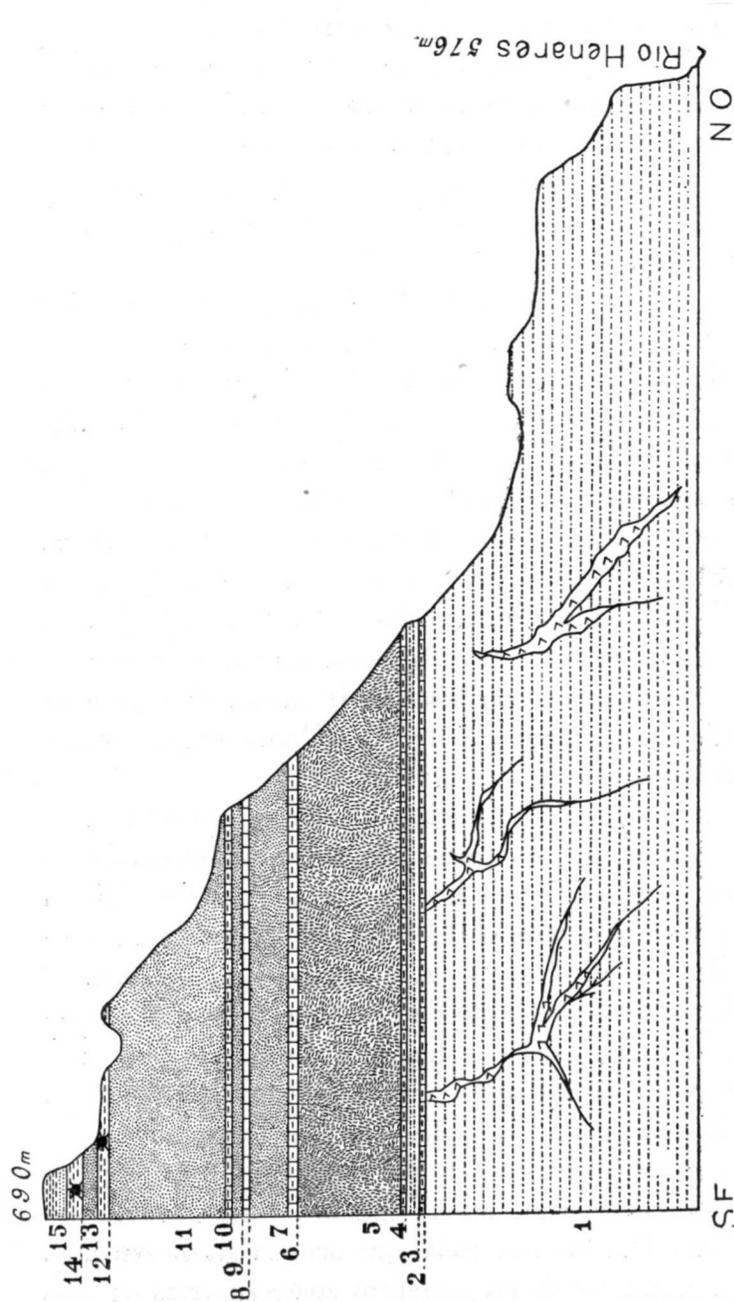


Fig. 11.—Corte del Terciario en el camino viejo de Alcalá a Los Hueros: 1 a 4, Oligoceno; 5 a 15, Tortoniense-Sarmatiense; 12 y 14, niveles de *Testudo*.

fibroso y laminar, que rellenan grietas casi verticales, que atraviesan a los estratos. En la parte superior hay capas de arcosas de unos 20 centímetros de espesor.

2. Capa calcárea como la 2 del Viso.

3. Como la 1.

4. Como la 2, constituyendo una diferencia con el corte del Viso en el que ésta no existe.

5. Correspondiente a la 4 del Viso. Son arenas sueltas con capas intercaladas más duras debido al cemento calizo. La estratificación cruzada se señala bien y el color, que es gris, hace que se destaquen perfectamente de las inferiores en toda la comarca, aun desde lejos.

6. Como la 5 del Viso, pero algo más delgada.

7. Como la 6 del Viso.

8. Margas arcillosas.

9. Arenas como la 7.

10. Nódulos de caliza blanca en forma de capa, incluidos en las arenas arcillosas grises que pueden formar un estrato continuo. Estas tres últimas capas corresponden a las 7 a 11 del corte del Viso, notándose que aquí no hay más que dos capas calcáreas en lugar de tres.

11. Arenas amarillentas en las que próximamente a los 100 metros sobre el río aparece la

12. Que es el primer horizonte de la *Testudo* de color gris verdoso, con 1,50 m. de espesor. En un crestón situado junto al camino de Los Hueros y entre los barrancos de la Higuera y del Agua ha quedado un resto de este horizonte y en él hemos encontrado dos pedazos de caparazón y huesos de dos individuos de *Testudo* (fig. 12).

13. Como la 11; 2 a 3 metros de espesor.

14. Ya cerca de la cumbre aparece el otro horizonte de *Testudo*, también de color gris verdoso y de naturaleza margoso calcárea. Tanto este horizonte como el ante-

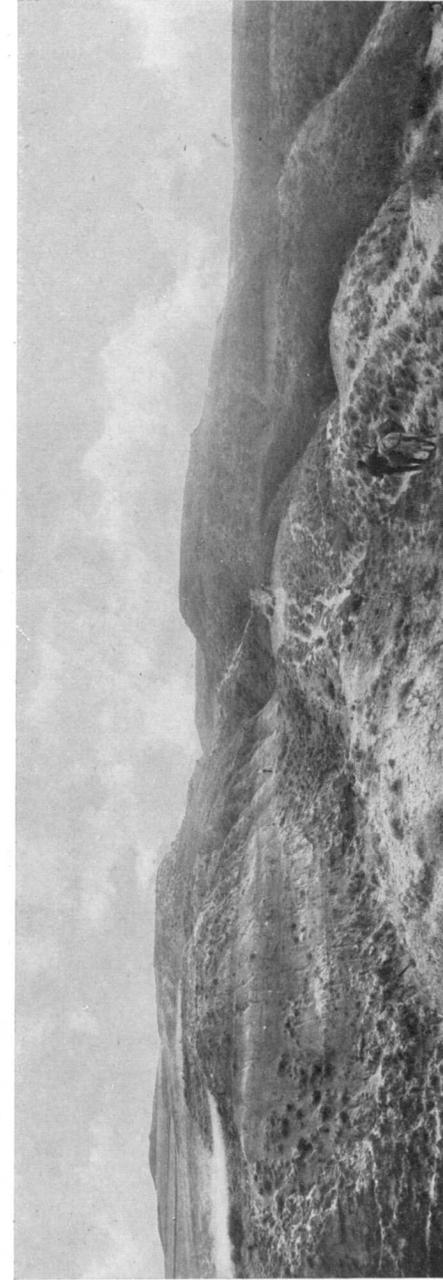
rior pueden seguirse a simple vista debido a los escarpes de laderas de los barrancos, por un lado hasta el Viso y por el otro hasta el Ecce-Homo (lámina XVII).

15. Próximamente como la 11 y la 13. Sobre ella vienen inmediatamente las arenas y cantos que forman la llanura o valle cuaternario del arroyo de Anchuelo y de Pantueña.



Fig. 12.—Uno de los ejemplares de *Testudo* del camino viejo de Alcalá a Los Hueros. Fot. J. Royo.

Sin casi variación alguna, este corte es el mismo que se puede observar en la cuesta de Zulema (carretera a Loeches) y en la del Gurugú (carretera de Pastrana). En la primera se notan en la base de la capa 11 lentejones de arcilla verde con restos de vegetales lignitizados, especialmente en un barredo allí existente. También han aparecido restos de *Testudo* en el horizonte superior, el cual aquí se encuentra en la parte alta de la última trinchera,



El horizonte superior de la *Testudo* (zona clara con una figura) en el camino viejo de Alcalá a Los Hueros.

Fot. J. Royo.

cerca ya de la casilla de Peones camineros. En la cuesta del Gurugú hay la misma estratigrafía, variando un poco el espesor de las capas calcáreas y además la 11 está formada por las mismas arenas arcillosas rojizas y verdes, las cuales a los 2 metros de altura, contienen concreciones margoso calcáreas, a las que sigue una capa de arena gruesa rojo verdosa, que sostiene a otra de un metro, muy irregular, formada de silex vermicular; sobre esta zona las arenas llevan aún en algún sitio una capita margoso calcárea.

Algo más al N., frente al cerro de las Hondas, está el barranco de la Leche y el de las Hondas, en donde hemos encontrado los otros ejemplares de *Testudo*. Aquí, como siempre, los niveles de *Testudo* son azulados y margosos, están intercalados entre capas más arenosas y rojizas, siendo también continuos y extendiéndose hasta la cañada de Valdibáñez.

Fuera ya del mismo borde del escalón las capas superiores a las arcillas plásticas no se conservan más que en algunos cerros destacados de aquél, como el de las Hondas, cuya cumbre corresponde al nivel de *Testudo*, y en los cercanos al Henares, aislados del Ecce-Homo, como el de Malvecino y el del Conde.

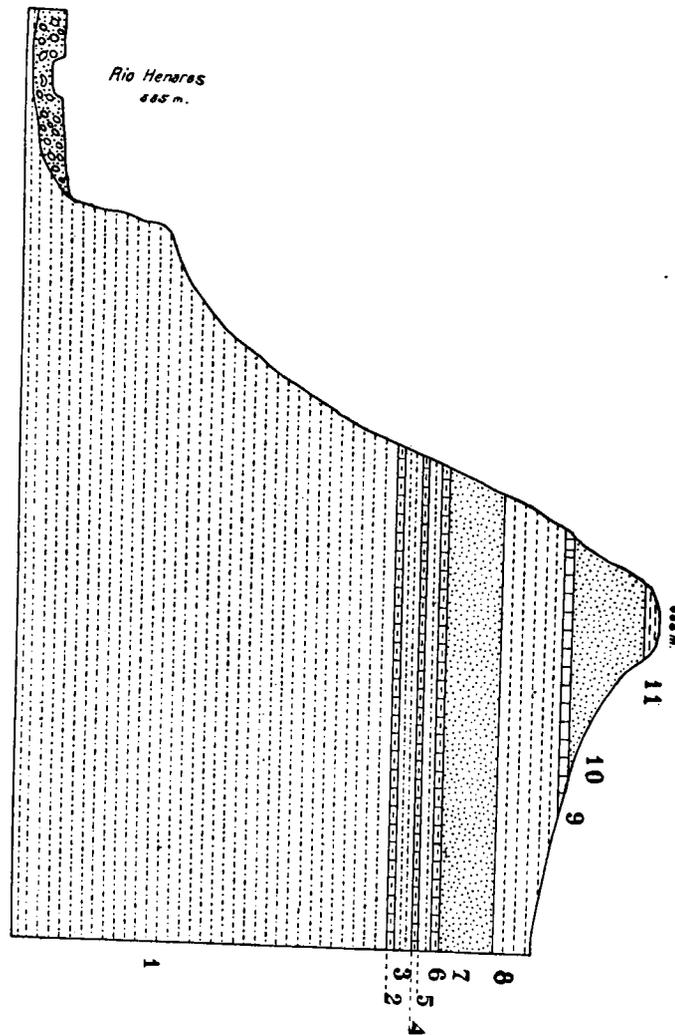
El cerro de *Malvecino* (lámina VIII, fot. 2) está integrado por las siguientes capas (fig. 13):

1. Arcillas, arenas y areniscas arcilloso-micáceas rojo oscuras iguales y continuación de las del 1 del Viso. Son las que predominan desde los barredos del puente de Zulema hasta el Ecce-Homo, formando fuertes barrancadas y los escarpes del río, simulando, a veces, terrazas de unos 20 metros sobre el cauce. Hacia el Ecce-Homo se cargan de yesos rojos, en hierro de lanza, y más o menos en espejuelo, constituyendo zonas ricas; en el barranco de la Raya han sido explotados, quedando aún

los restos de las canteras. Su espesor es de unos 60 metros.

2. Capa de caliza, de unos 10 centímetros de espesor, igual a la 2 del Viso.

Fig. 13.—Corte del cerro de Malvecino: 1 a 6, Oligoceno; 7 a 11, Tortonense-Sanmatiense.



3. Margas de color rojo vivo junto a la caliza y más amarillenta en el resto.

4. Capa como la 2, pero de 20 centímetros de espesor.

5. Como la 3, pero de espesor menor.

6. Como la 4.

7. Arenas amarillo rojizas, 10 metros.

8. Zona margosa verdosa de unos 12 metros.

9. Caliza blanca de unos 30 centímetros de espesor que seguramente corresponde a las 7 a 11 del corte del Viso.

10. Arena gris rojiza sobre la cual, a los 102 metros sobre el río, viene la

11. Marga verdosa blanquecina de unos 50 centímetros que representa al nivel inferior de la *Testudo*.

En la falda del SO., y en la cumbre, abundan los restos de cerámica, algunos del tipo de Ciempozuelos (figura 34 y lámina XXIX). La cumbre, actualmente, es muy estrecha y en forma de cuchilla; como allí aparecen también, según ya hemos dicho, numerosos fragmentos de cerámica, es indudable que en aquella época sería más ancha para que pudiera estar ocupada por un poblado de esa naturaleza, dándonos a conocer de este modo el avance tan rápido de la erosión fluvial.

Al N. de este cerro hay otro más bajo y en forma de mesetilla, en cuya cumbre hay restos de una fortificación y que se llama de Alcalá la Vieja; por allí va precisamente una de las sendas que suben al Ecce-Homo, la cual pasa por la cueva de los Gigantones, que está a muy poca distancia de Alcalá la Vieja. Esta cueva es en realidad una galería baja antiquísima, abierta en las arcillas rojas que aquí contienen, como en el barranco de la Raya, gran cantidad de yeso lenticular que fué explotado, labrándose así aquélla. Parece que recientemente fué utilizada para la cría de setas que resultaría muy cara por la falta de agua.

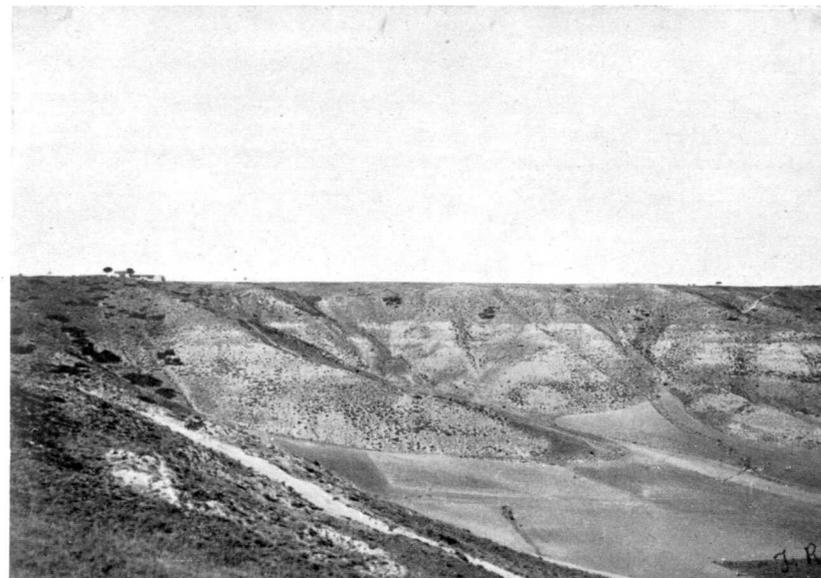
Más al N. aún, está el cerro del Conde, que sirve de límite a aquel anfiteatro torrencial y en donde empieza otro que sigue hacia Los Santos de la Humosa (lámi-

Fig. 14.—El Ecce-Homo y barranco del Lobo desde la Cañada de Valdibáñez. A la izquierda y al fondo el cerro del Viso. Alcalá.



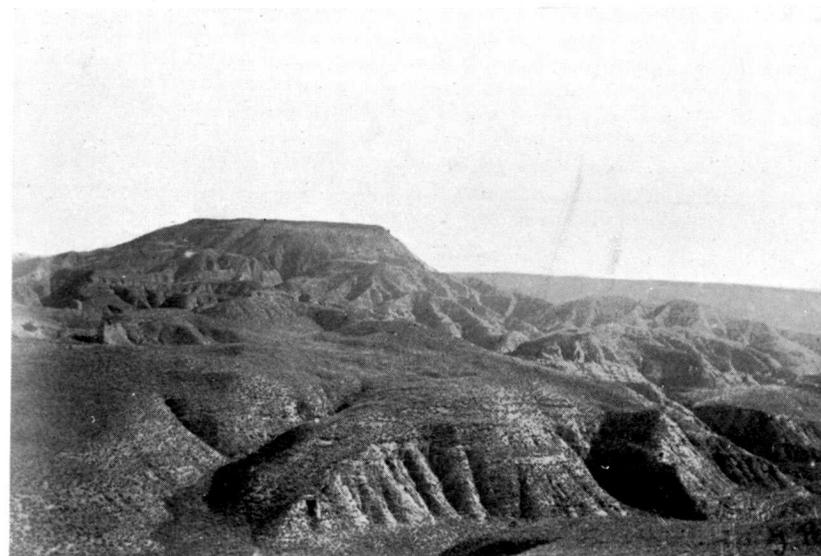
na IV), que se une al escalón que va hasta más allá de Guadalajara. Ese cerro tiene forma muy curiosa, pues aunque es cónico lo es de modo irregular, ya que la erosión fluvial está avanzando más por la parte del SE., en donde la ladera es vertical, mientras que por la opuesta es de forma convexa hacia la cumbre, en donde se conserva aún un manto de cantos de conglomerado, de caliza, etc., restos de la ladera de la meseta que, continuación del Ecce-Homo, llegaría hasta aquí durante el Pleistoceno. Su estratigrafía es la misma del Malvecino, pero como es un poco más elevado, se conservan algunas capas más superiores.

A levante de estos cerros, se nos muestra imponente el del *Ecce-Homo*, con sus rápidas laderas (lámina XVIII, fot. 2), el cual es semejante al del Viso pero de menor extensión, y ha sido destacado de la cañada de Valdibáñez y de las Pedrizas o Canteras por medio del barranco del Lobo (fig. 14). Su estratigrafía es la misma próximamente que la del Viso en su vertiente del NE. o del barranco de los



Fot. 1.—El Mioceno en las Pedrizas de Anchuelo. La zona blanca son las margas yesíferas.

Fot. J. Royo.



Fot. 2.—El Ecce-Homo y la zona abarrancada de la base. Alcalá de Henares.

Fot. J. Royo.

Mártires. Seguramente se refiere a él el corte que hace Prado (1864) del cerro de la Vera-Cruz, ya que las capas que le asigna, con ligeras variantes, son las mismas que nosotros hemos encontrado.

La base del Ecce-Homo puede decirse que está formada por el mismo corte indicado para el Malvecino, que a su vez es el mismo que para el del Conde, con la única diferencia de que como éste es más alto conserva todos los niveles de *Testudo*. Así su corte completo es el siguiente (fig. 15):

1. Como el del Malvecino.
2. Corresponde a los 2 a 6 del mismo corte y está formado por las mismas capas.
3. Arenas arcillosas y margas pardo rojizas con yesos lenticulares del mismo color. Probablemente es el mismo nivel yesífero que hemos indicado en el barranco de la Raya, el cual se continúa hacia el N. del Ecce-Homo, donde también ha sido explotado, extendiéndose a niveles mucho más inferiores. En lo que respecta al corte presente, en la base de este estrato se encuentran la cueva de los Gigantones, ya indicada por Prado. El espesor de este horizonte es de unos 30 metros.
4. Tres capas calcáreas que alternan con arenas arcillosas. Estas capas corresponden a la 9 del Malvecino y a las 7 a 11 del Viso, siendo el espesor de cada una de ellas unos 30 a 40 centímetros y el total unos 8 metros.
- 5 y 6. Son todo arenas arcillosas pardo rojizas a excepción de las cuatro zonas indicadas en 5, que con un espesor de un metro cada una, están formadas por margas gris verdosas de las cuales la inferior nos ha dado restos de una *Testudo* muy pequeña e inclasificable y cristales de baritina. El espesor total será de unos 80 metros.
7. Horizonte margoso gris verdoso, semejante a las

capas del Viso, de las cuales es contemporáneo. Espesor unos 40 metros.

8. Conglomerados iguales a los de la cumbre del Viso, que aquí tienen mayor potencia aunque es menor el de las areniscas y calizas grumosas que vienen encima. Espesor, 13 metros.

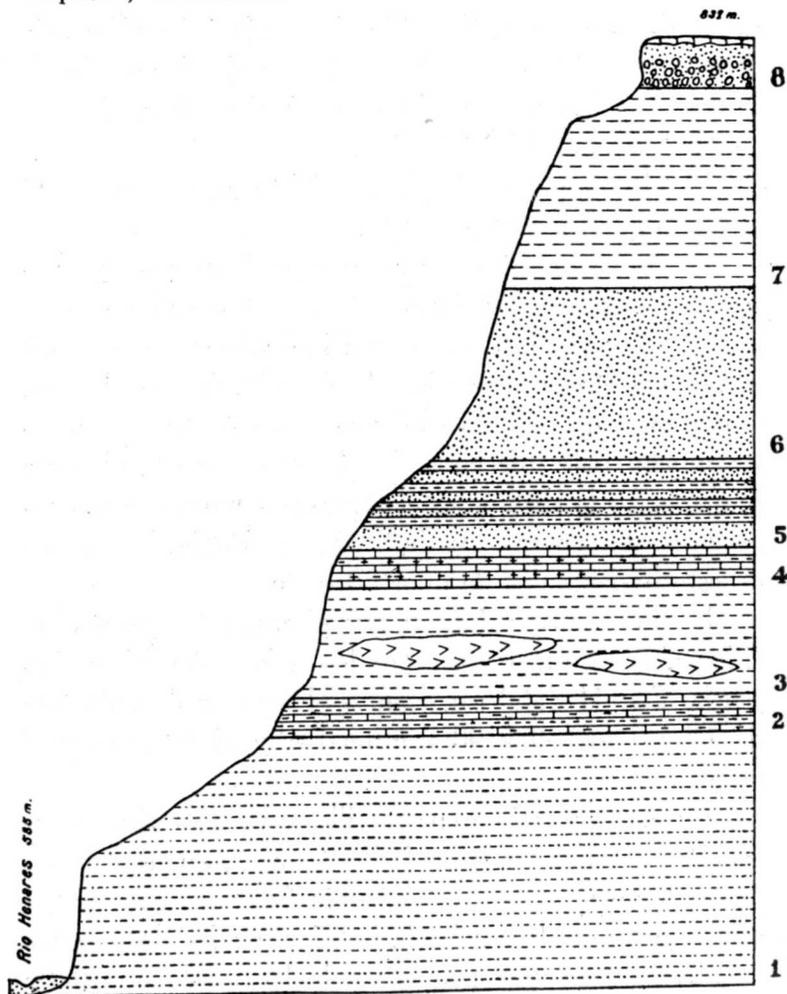


Fig. 15.—Corte del Ecce-Homo: 1, 2 y base del 3, Oligoceno; 3 a 7, Tortonense-Sarmatiense; 8, Pontiense.



Extremo sur del cerro de la Cañada de Valdibáñez, entre Alcalá y Anchuelo. A la izquierda el Ecce-Homo y a la derecha el límite del valle del Anchuelo.

Fot. J. Royo.

La cumbre, que es estrecha y alargada de NE. a SO., está cubierta de tierra de labor abandonada, entre la cual aparecen gran cantidad de restos de cerámica protohistórica, vidrios, etc.

Como se ve por el corte, la facies aquí predominante es la detrítica, ya que las margas grises de debajo de los conglomerados y calizas de la cumbre no tienen aún yeso. Sin embargo, si de aquí pasamos a la cañada de Valdibáñez, extremo SO. del cerro de las Pedrizas de Anchuelo, veremos cómo se cambia ya y que son precisamente los yesos los que predominan (lámina XIX).

En dicho cerro (fig. 16), en la ladera que se une al escalón del Gurugú, se ven las capas siguientes: Sobre el horizonte de la *Testudo* vienen arenas rubias sueltas, muy micáceas (3 del corte), que algunas veces son de grano grueso y semejantes a las que en Madrid están señaladas como cuaternarias; tienen un espesor de unos 40 metros. En ellas se intercala una capa calcárea. A continuación vienen unas arenas micáceas grises (4 del corte), que pasan en seguida a margas gris verdosas con alguna zona rojiza, yesos lenticulares esparcidos por la masa y varias capas de margas compactas blancas.

Hacia la parte media y superior se hace este horizonte muy yesífero, conteniendo grandes espejuelos. El espesor de toda esta zona gris yesífera es de unos 30 metros.

A continuación vienen (5 del corte) unas calizas margosas blancas, de fractura irregular, que contienen epigénesis de caliza en yeso lenticular, abundando los cristales de calcita en las grietas. Siguen calizas blancas, caliza tobácea grumosa blanca y rojiza en los huecos. Todo ello en un espesor de unos 12 metros.

Sobre estas calizas aparecen (6 del corte) areniscas y conglomerados rojos con cantos principalmente de cuar-

cita, como los del Viso, que en unos sitios son sueltos y en otros muy cementados. Formando la cumbre, se presentan calizas tobáceas. El espesor de estas capas es próximamente de unos 10 metros.

Trazando un corte geológico que pase por el Ecce-Homo y por la cañada de Valdibáñez, se ve bien la correspondencia de unas capas con otras y cómo las que en el primero son principalmente detríticas pasan a químicas en el segundo. Además se nota que forman un ligero anticlinal dirigido de NNE. a SSO. El conjunto de sus capas es, pues, el siguiente (fig. 16):

1. Arenas arcillosas que hacia la parte inferior pasan a las arcillas plásticas y arenas arcillosas rojizas que hemos visto ya que forman la base del Ecce-Homo.

2. Horizonte de la *Testudo* y calizas margosas inferiores (4-5 del Ecce-Homo).

3. Arenas amarillo rojizas (6 del Ecce-Homo).

4. Margas grises que en el Ecce-Homo (7 de su corte) no tienen yesos pero que abundan en la cañada de Valdibáñez.

5. Calizas que en la base tienen epigénesis de yeso en caliza.

6. Conglomerados, areniscas y calizas.

Resumiendo la estratigrafía de todo el anfiteatro torrencial de los alrededores de Alcalá de Henares, y teniendo en cuenta lo ya dicho en la parte general correspondiente a la Geología de toda la cuenca, podemos referir sus capas a los pisos allí señalados del modo siguiente:

*Oligoceno.*—Capas continuación de las atravesadas en el sondeo o sea arcillas plásticas y arenas arcillosas de color rojo oscuro, de sedimentación tranquila (base del 1 de la fig. 14 y 1 de los demás cortes descritos), que contienen yesos sobre todo en los alrededores del Ecce-Homo. Su parte superior corresponde a las capitas calcáreas ro-



Fig. 16.—Paso del Mioceno detrítico al yrisífero; 1 a 4, Tortoniense-Sarmatiense; 5 y 6, Pontiense.

jizas y arenas arcillosas de colores oscuros que las cubren (2 y 3 del barranco de los Mártires, 3 del de la Mina, 2 a 4 del camino de Los Hueros, 2 a 6 del Malvecino, 2 y parte del 3 del Ecce-Homo).

*Mioceno*.—Al *Tortonense-Sarmatiense* pueden referirse todas las arenas gris verdosas y amarillo rojizas de grano grueso, y estratificación más o menos cruzada, horizontes de *Testudo* y calizas margosas blancas que tanto destacan en la base (4 a 16 del barranco de los Mártires; 3, 4 y base del 5 del barranco de la Mina; 5 a 15 del camino de Los Hueros, 7 a 11 del Malvecino, 3 a 6 del Ecce-Homo). Entre estas capas y las que referimos al Oligoceno, en algunos sitios, la separación es imposible por pasarse insensiblemente de unas a las otras.

De lejos se distinguen bien las dos zonas por formar un zócalo rojo oscuro las oligocenas y ser las otras amarillo rojizas.

Al *Sarmatiense* y quizá como paso al *Pontiense* puede referirse la zona gris que viene encima de aquellas capas, la cual, en la cañada de Valdibáñez contiene gran abundancia de yesos (17-20 del barranco de los Mártires, parte alta de la 5 en el de la Mina, 7 del Ecce-Homo, 4 y parte del 5 de la cañada de Valdibáñez). Este es el típico horizonte de las margas yesíferas, inferiores a las calizas de los páramos, pero que aquí no contienen yesos más que en dicha cañada.

En el *Pontiense* hay que incluir los conglomerados, areniscas y calizas de la cumbre, materiales típicamente de los páramos (21-22 del barranco de los Mártires, 6-7 del de la Mina, 8 del Ecce-Homo, parte del 5 y el 6 de la cañada de Valdibáñez). Los conglomerados y calizas del cerro del Viso han sido referidos por el Sr. Hernández-Pacheco (E.), al compararlos con el corte hecho por él de

Los Santos de la Humosa (1917), a un nivel mucho más inferior, correspondiente a la base del que llamamos 4 de la cañada de Valdibáñez, pero por los cortes que presentamos se ve claramente que son contemporáneos de las calizas de los páramos y que por lo tanto deben ser dados como del *Pontiense*.

CERRO DE LAS PEDRIZAS, AL NO. DE ANCHUELO.—Entre el Ecce-Homo y el valle del Anchuelo, se conserva aún la divisoria con el río Henares, formada por un cerro de forma irregular y alargado de NE. a SO., cuya cumbre es un llano o páramo en pequeño. Su extremo SO., de cuya estratificación hemos hablado antes, se llama cañada de Valdibáñez; la llanada central, donde está la casa del guarda del barranco del Lobo recibe el nombre de llano del Espino (lámina XVIII, fig. 1) y el extremo NE., cuya cumbre está llena de pequeñas canteras, es la que con más especialidad se llama de las Pedrizas o Canteras y también cerro Gordo. En su cumbre aún se conservan algo las *marañas* o monte bajo de encina.

Anteriormente, al hablar del Ecce-Homo, hemos hecho ya su corte general, pero podemos aún detallar más, ya que aquí el tramo de las margas yesíferas miocenas y su paso a las calizas y conglomerados pontienses está muy bien caracterizado, sobre todo en la ladera que mira al valle del Anchuelo, cuyo aspecto recuerda completamente al de los cerros y mesetas cercanas a Palencia y Valladolid, en la cuenca del Duero, en donde el Mioceno está formado próximamente por las mismas capas. Los estratos que allí pueden distinguirse, son los siguientes (fig. 17):

1. Arenas y areniscas pardo rojizas, superiores a los niveles de la *Testudo* correspondiendo a la 6 del corte del Ecce-Homo o al 3 de la cañada de Valdibáñez. Su espesor sobre el cauce del arroyo de Anchuelo es de unos 50 metros.

2. Arenas margoso-micáceas gris verdosas con yesos lenticulares esparcidos por su masa, del mismo tipo que los de la ladera O. de la cañada de Valdibáñez (base del 4 de la fig. 16). Se convierten en seguida en margas algo más oscuras y yesíferas que alternan con otras cinco capas noduloso-calcáreas blancas y compactas, de unos 20 centímetros de espesor cada una, estando

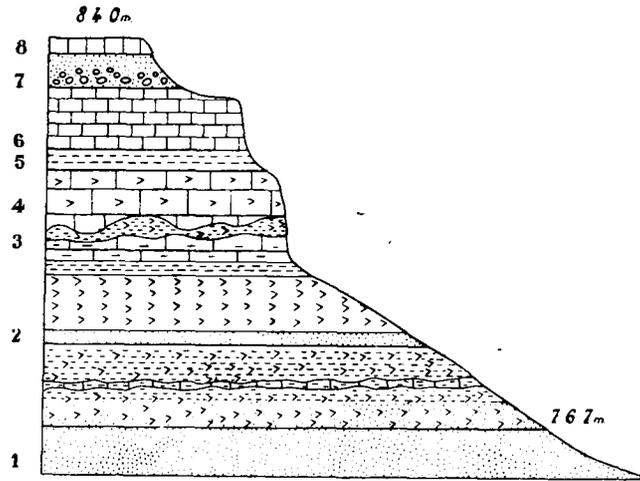


Fig. 17.—Corte de las Pedrizas de Anchuelo en el camino de la casa del guarda del barranco del Lobo: 1 a 5, Tor=toniense=Sarmatiense; 6 a 8, Pontiense.

todas ellas atravesadas por vetas de yeso. Contienen margas verdosas muy yesíferas en la parte superior y con abundantes espejuelos, en las cuales se intercala una capa de un metro de espesor de arenas rojizas. Termina con una capa de margas rojas sin pasar de 2 metros de potencia. El espesor total es cercano a 30 metros.

3. Margas pardo amarillentas y blanquecinas, más o menos blandas, sobre las cuales viene un lecho arcilloso verdoso de forma irregular que puede ser lignitoso y cuyo techo unas veces está formado por las margas blancas del

4 y otras por unas calizas tobáceo-esponjosas con gran cantidad de moldes de *Unio*, *Melanopsis*, etc. Puede alcanzar hasta 20 metros de espesor.

4. Margas blanquecinas, muy yesíferas, de unos 8 metros de potencia.

5. Margas algo sabulosas, sin yesos, rojizas en la base y verdosas en el resto; 2 metros.

6. Calizas blancas algo margosas y tobáceas; 8 metros de espesor.

7. Areniscas y conglomerados rojos con cantos de cuarcita iguales a los del Ecce-Homo y el Viso, con un espesor de unos 16 metros.

8. Calizas típicas de los páramos con *Helix* y en general con todos los caracteres propios de ellas. Su espesor varía, siendo por término medio de unos 4 metros. Han sido y son explotadas en pequeñas canteras, ya como piedra de construcción, ya para la obtención de cal.

Como dato muy importante hemos de indicar los pliegues que las capas superiores forman y que van dirigidos de NNE. a SSO. y los cuales están arrasados para formar la llanura de la cumbre.

Este corte con ligeras variaciones es el de todos los páramos de los alrededores, en donde se ve bien la preponderancia de la sedimentación química, puesto que las margas yesíferas superiores al horizonte de la *Testudo*, o sea el nivel dado como sarmatiense en las clasificaciones recientes, alcanza 60 metros de espesor y las calizas superiores o pontienses 8 y 4 metros, respectivamente, por debajo y por encima de los conglomerados y areniscas que poseen 6 metros.

PEÑA BERMEJA, EN LOS SANTOS DE LA HUMOSA.—Pasado al extremo NE. de las Pedrizas anteriormente descritas viene un collado labrado en las margas yesíferas por

donde pasa el camino de Anchuelo a Los Santos de la Humosa e inmediatamente empieza un cerro, que es una de las digitaciones meridionales del gran llano, que se extiende hacia Los Santos y Pozo de Guadalajara. El color rojizo de la arcilla de decalcificación que la recubre será la causa de que a toda esta parte se la llame Peña Bermeja.

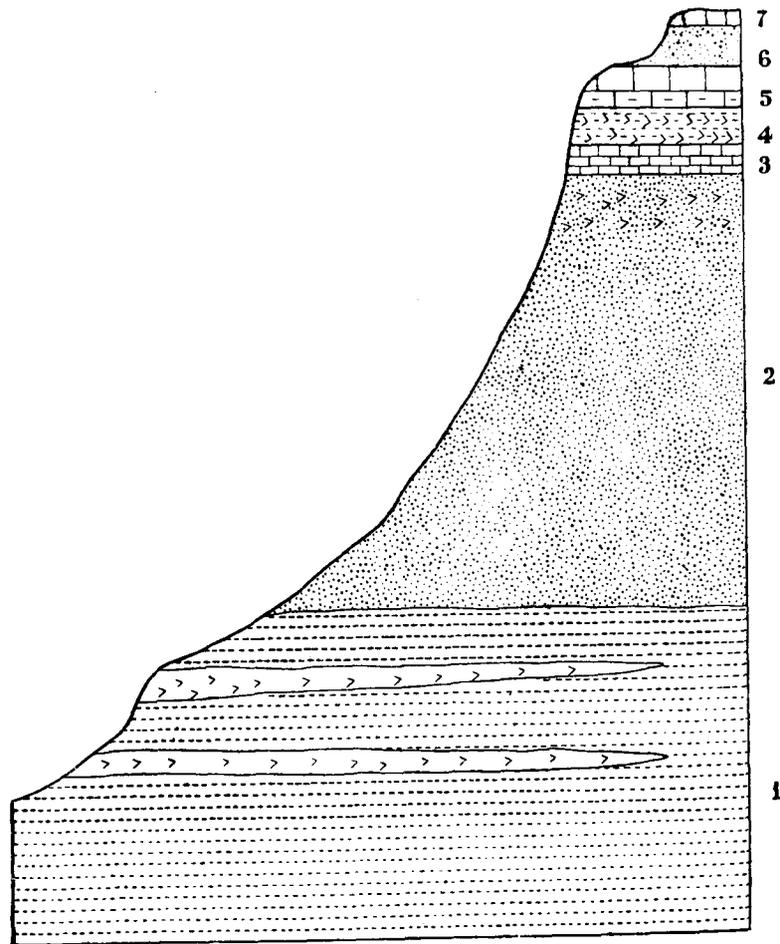


Fig. 18.—Corte de la Peña Bermeja, al S. de Los Santos de la Humosa; 1, Oligoceno; 2 a 5, Tortoniense=Sarmatiense; 6 y 7, Pontiense.

Desde aquí se baja ya al escalón de arcillas plásticas y areniscas rojas de la base que empieza en el Ecce-Homo y se continúa hasta más allá de Guadalajara. La estratigrafía es igual a la del Ecce-Homo y las Pedrizas, pero es muy interesante, porque en un mismo corte se pueden ver los dos niveles de yeso de este Terciario: el inferior u oligoceno, y el superior o sarmatiense.

Empezando el corte en las mismas barrancas cercanas al cauce del Henares, se ve que está formado por las siguientes capas (fig. 18):

1. Areniscas rojas de grano grueso, arenas arcilloso-micáceas y arcillas plásticas con zonas de yeso rojo del mismo tipo que el que aparece en la cueva de los Gigantones y barranco de la Raya, al S. del Ecce-Homo. Su espesor es aquí algo mayor, alcanzando los 80-90 metros.

2. Arenas y arcillas rojas, más amarillentas que las anteriores, con zonas grises, intercaladas, y estratificación cruzada frecuente. A la base de este estrato corresponderá el nivel de la *Testudo* descubierta por los Sres. Fernández Navarro y Carandell (1914), en el camino de Los Santos de la Humosa, y al cual le asignaron una altitud de 90 metros sobre el río. Más tarde el Sr. Hernández-Pacheco, en su corte de Los Santos de la Humosa (1917), le dió a dicho nivel una altura de 150 metros también sobre el Henares, pero creemos que ésta, como la dada para el cerro del Viso, es algo exagerada. Hacia la parte superior estas arenas y arcillas empiezan ya a cargarse de yesos lenticulares. El espesor total es de unos 60 metros, de los cuales los 10 más altos son yesíferos.

3. Conjunto margoso-yesífero, cuyo detalle se puede examinar en el pequeño corte adjunto (fig. 19), en donde el 1 representa la parte alta del 2 anteriormente descrito; el 2, algez de grano fino, 2 metros; el 3, margas

calcáreas blancas con yeso en hierro de lanza, 1 metro; el 4, capita arcillosa gris oscura y verdosa, formada a veces por lechos hojosos; 5, calizas blancas nodulosas, 0,50 metros; 6, lecho de arcillas verdes, 10 centímetros; 7, calizas nodulosas blancas con epigénesis de caliza en yeso, 0,50 m.; el 8 y el 9 corresponden al 4 y 5, respectivamente, del corte general y que vamos a describir ahora.

4. Margas gris verdosas y rojizas con yesos lenticulares, de 10 a 20 metros de espesor.

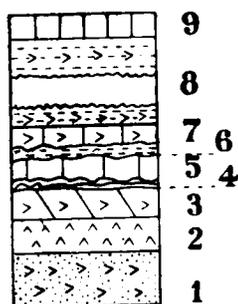


Fig. 19.—Corte en detalle de la zona 3 de la figura 18.

5. Margas calizas que pasan a calizas de los páramos.
6. Areniscas con pocos cantos.
7. Calizas de los páramos, que en las canteras de la Huerta de Hernando son activamente explotadas para el encintado de las carreteras. Estas tres últimas capas son las mismas 5 a 8 de la cañada de Valdibáñez.

**LAS AGUILERAS DE ANCHUELO.**—Son otras digitaciones del páramo anteriormente indicado, en donde han desaparecido por la erosión, en gran parte, las calizas superiores de los páramos y las areniscas, quedando la cumbre formada por ellas y por las calizas pontienses inferiores; por debajo de éstas vienen las margas que tan

sólo hacia la parte inferior tienen yeso abundante en espejuelo y fibroso con un espesor de 2 metros.

**ALREDEDORES DE SANTORCAZ.**—Está el pueblo situado en el mismo borde del páramo que aquí tanta extensión alcanza. Los dos barrios de que aquél se compone están situados: el alto sobre las calizas de los páramos superior-

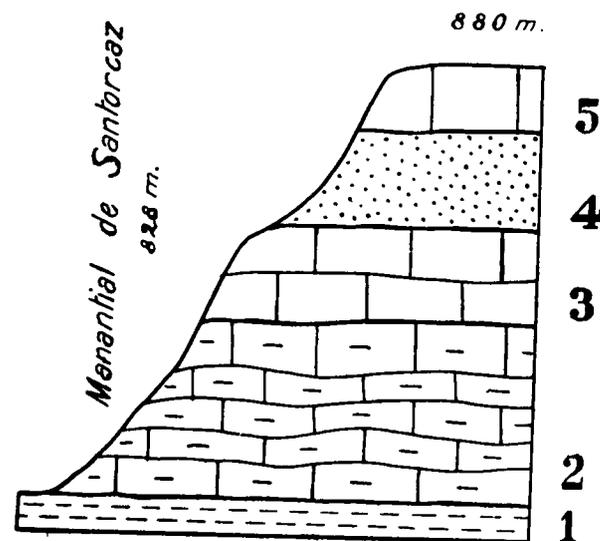


Fig. 20.—Corte geológico del Ponticense en los manantiales de Santorcaz.

res y el bajo sobre las arcillas y arenas intermedias, viniendo debajo las calizas pontienses inferiores, por las cuales nacen los manantiales existentes en la carretera, ya en las afueras del pueblo. Uno de ellos, el más abundante, procede de los cerros del N., y el otro, de los del E. o sea de la ladera situada un poco al N. del pueblo. La estratigrafía viene a ser la misma de las Pedrizas, pero sin yesos (fig. 20):

1. Margas verdosas que hacia el E., sobre el cemen-

terio, se hacen muy yesíferas, correspondiendo a la capa 2 del corte de las Pedrizas.

2. Calizas margosas blancas con lechos arcillosos verdosos, cuyo conjunto está plegado y fragmentado. Son la continuación de las 3 a 5 de aquel corte. En su base nacen los manantiales.

3. Calizas cavernosas con cristales de calcita correspondientes a las 6 de dicho corte.

4. Moladas rojas de grano grueso y arcillas; 7 del otro corte.

5. Calizas de los páramos, que pueden ser cavernosas, compactas y pisolíticas.

El espesor del conjunto de las capas 2 a 5 es cercano a 60 metros.

LOS PÁRAMOS DEL SE.—*Inmediaciones de Anchuelo*.—El páramo de Santorcaz se extiende grandemente hacia el S., ensanchándose al mismo tiempo, formando una llanura ondulada. De él se desciende de un modo rápido, casi verticalmente, al valle del Anchuelo; en la base de esta fuerte ladera está situado el pueblo que da nombre al arroyo.

El corte geológico de esa ladera es muy instructivo, pues una vez más muestra la variabilidad de la estratigrafía miocena dentro de su monotonía de conjunto. Los yesos que tanto abundan en las Pedrizas, en las Aguileras y en general en todos los alrededores de Anchuelo, no se muestran al subir por el camino de Corpa, por la derecha del arroyo que desciende de Valdeconcha.

Las capas están allí formadas por los materiales siguientes (fig. 21):

1. Arenas arcillosas y margosas, verdes y rojizas, con alguna zona calcárea blanquecina, que corresponden a la capa 1, descrita en el corte de las Pedrizas, con el mismo espesor.

2. Calizas margosas en capas delgadas. 2 metros.
3. Margas arcillosas rojizo verdosas que hacia la parte superior tienen un lecho calcáreo, granudo, verdoso y noduloso. 20 metros.

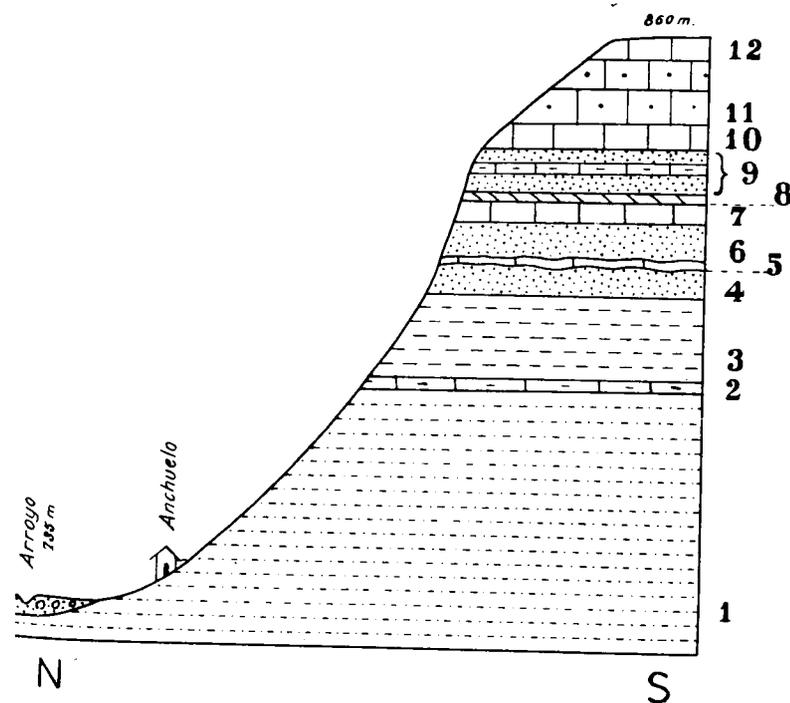


Fig. 21.—Corte del Mioceno en Anchuelo: 1 a 6, Tortoniense-Sarmatiense; 7 a 12, Pontiense.

4. Arenas gruesas gris verdosas. 7 m.
5. Caliza en capas onduladas. 2 m.
6. Moladas de grano grueso. 10 m.
7. Calizas y margas verdosas. 3 m.
8. Pisolitas blancas calcáreas que se cementan y llegan a formar capa.
9. Arenas rojizo verdosas de grano grueso que en la

parte media tienen un lecho de calizas arcillosas y nodulosas, de color rojizo. 8 metros.

10. Caliza de los páramos compacta.

11. Caliza granuda roja.

12. Caliza blanca típica de los páramos.

El conjunto de estos tres últimos estratos es de unos 25 metros de espesor.

Como se ve no aparecen los yesos que tanto abundan a muy poca distancia de este paraje, y se nota la preponderancia del elemento calcáreo.

*Alrededores de Villalbilla.*—El extenso llano de Valdesancho y Carabilla, es cortado hacia el Anchuelo por profundos valles, quedando casi aisladas algunas de sus porciones, formando cumbres alargadas y más o menos redondeadas. Esta erosión fluvial ha avanzado a veces tanto, que ha separado ya completamente del páramo a los cerros y así tenemos el ejemplo del cerro Gordo, el cual está situado entre Anchuelo y Villalbilla, en el valle del arroyo de Anchuelo, constituyendo un cerro testigo destacado de los páramos próximos, en el cual faltan todos los horizontes superiores de las calizas y arenas que las acompañan. Es de forma estrecha y alargada, con la cumbre en forma de arista. Su estratigrafía es la siguiente (fig. 22):

1. Arenas arcillosas rojizas y verdosas con algún lenjón delgado de silex y semiópalo. Es la capa 1 de los cortes de las Pedrizas y de Anchuelo.

2. Margas gris verdosas muy yesíferas de unos 12 metros de espesor.

3. Margas calcáreas blanquecinas de poco espesor.

4. Zona gris verdosa y rojiza que en la base es muy margosa y contiene grandes espejuelos acaramelados; hacia la parte superior se vuelve arenosa sin dejar de ser yesífera. 12 metros.

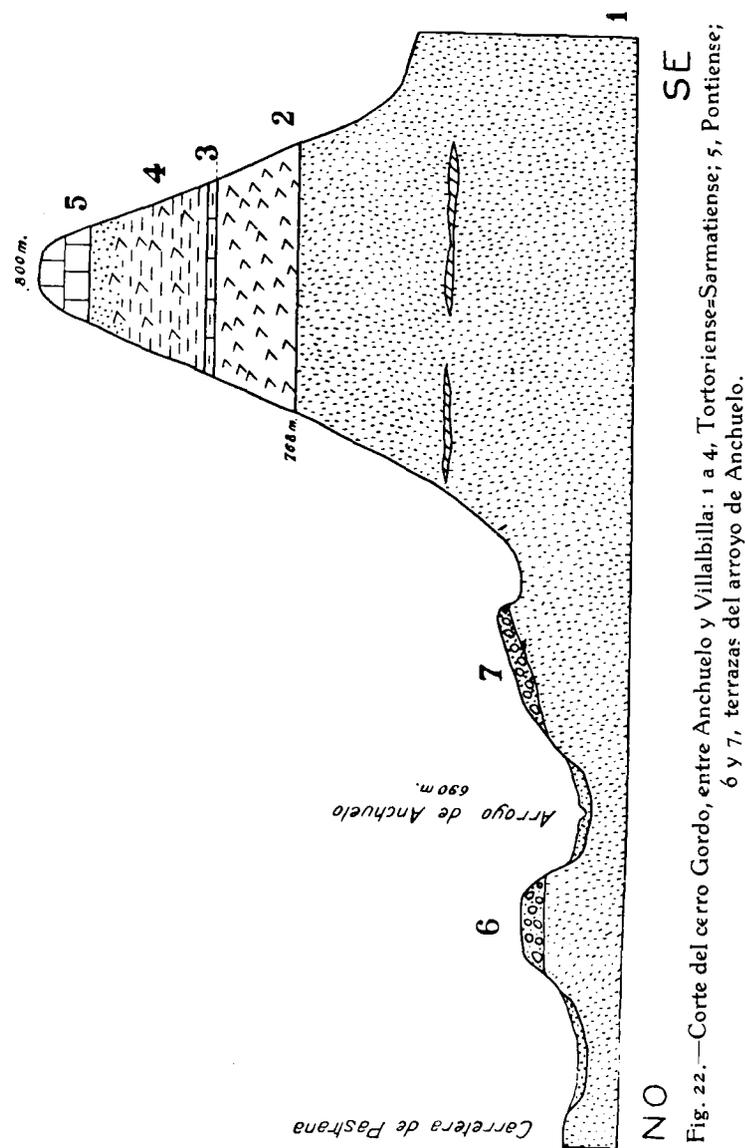


Fig. 22.—Corte del cerro Gordo, entre Anchuelo y Villalbilla: 1 a 4, Tortoriense=Sarmatiense; 5, Ponticense; 6 y 7, terrazas del arroyo de Anchuelo.

5. Calizas bastas y grumosas en capas delgadas. 7 metros.

Las capas 2 a 4 corresponden a las señaladas con el mismo número en el corte de las Pedrizas de Anchuelo, y la 5 a la base de la 6, o sea a la parte baja de las calizas inferiores del Pontiense.

Esta estratigrafía es la misma que se puede observar en los cerros comprendidos entre aquél y Villalbilla, con la única diferencia de que pueden estar conservadas las areniscas y las calizas superiores pontienses.

Entre Villalbilla y Valverde se extiende otra digitación, con el llano de Carabilla en su principio y el de las Cuevas y el Horcajo en los extremos. Su estratigrafía viene a ser la misma que la del cerro Gordo, pero conservando más calizas de los páramos; a ella puede referirse también la de las laderas de Carabilla en el arroyo de Villalbilla.

Las capas que integran el alto de Pililla son las siguientes (fig. 23):

1. Arenas y arcillas rojizas, que corresponden al 1 del corte del cerro Gordo, y las cuales, en la carretera, entre el Gurugú y Villalbilla, recubren margas pardo rojizas con yesos, del mismo tipo que las margas yesíferas del barranco de la Raya y de la cueva de los Gigantones en las proximidades del Ecce-Homo.

2. Margas rojas con yesos cristalizados. 5 metros.

3. Margas calcáreas blanquecinas. 0,50 metros.

4. Margas rojas que pasan a verdosas con abundantes yesos cristalizados, que hacia el tercio inferior contienen una zona gris verdosa no yesífera. 50 metros de espesor.

5. Horizonte calcáreo que en la base está formado por capas onduladas de calizas margosas que alternan con lechos arcillosos verdes y que en la superior son calizas de los páramos. Todo él está muy ondulado y fracturado,

especialmente la parte inferior. Comprende las capas 2 a 4 del corte de los manantiales de Santorcaz, faltando, por consiguiente, las areniscas y calizas superiores que han desaparecido por la erosión fluvial, pero que se conservan algo más al E., en Carabilla, formando como pequeñas

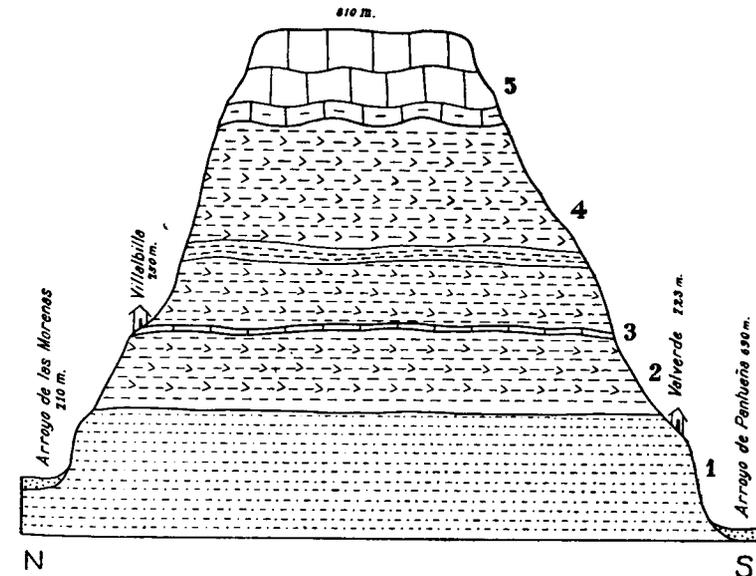


Fig. 23.—Corte del alto de Pililla: 1 a 4, Tortonense=Sarmatiense; 5, Pontiense.

mesetas apoyadas en el páramo más extenso, constituido por las calizas inferiores.

*Carabilla, en Corpa.*—Entre Villalbilla y Pezuela de las Torres (fuera de la hoja) se desarrolla enormemente el Pontiense, formando la paramera que viene ya desde el N. de Santorcaz y que entre Corpa y Villalbilla recibe el nombre de Carabilla. No es una verdadera llanura por estar bastante ondulada y poseer cerretes. En gran parte está formada por las calizas pontienses inferiores, pero suelen conservarse las arenas y arcillas que las recubren

en un espesor de 15 a 20 metros, sobre las cuales vienen las típicas calizas de los páramos. Estos dos estratos, al subir desde Villalbilla, ya en Carabilla, constituyen una especie de escalón, formando mesetas planas de laderas rápidas apoyadas en la altiplanicie de la cumbre que dan el carácter a todo el páramo desde Santorcaz. A la estratigrafía se une la tectónica, pues las capas forman pliegues suaves que en algunos sitios se hacen fuertes y de corto radio, facilitando la erosión fluvial.

La vegetación por aquí está reducida a tomillares y romeros, predominando la tierra de cereales.

Desde Villalbilla a Corpa hay varias canteras, todas de caliza típica de los páramos, abundando la pisolítica y la de grano fino, con fractura unas veces concoidea y otras irregular. En todas hemos encontrado algún molde de molusco, pero son raros, excepto en la cantera de Juan de Dios Ramos, de Corpa, situada en Carabilla, en la cual hay un banco donde abundan extraordinariamente los moldes de *Planorbis* y *Helix*, acompañados de otros de *Lymnaea*, *Bythinia*, etc.

En la parte alta del arroyo de Pantueña, cerca de la carretera, en unas huertas, hay una fuente abundante que nace por encima de las calizas pontienses inferiores, las cuales contienen moldes de moluscos.

En la zona de las arenas hay aquí una capa de caliza verdosa concrecionada con el aspecto de haberse depositado sobre un fondo fangoso, habiendo también nódulos de sílex, semiópalo y calcedonia.

*Llanos entre el arroyo de Pantueña, Pozuelo del Rey y Nuevo Baztán.*—Como se ha dicho en la descripción geográfica, se extiende aquí una verdadera llanura excepto hacia los bordes al N. y O. de Pozuelo, en donde es el aspecto igual que en Carabilla. Las laderas son muy rápidas

y de su estratigrafía nos puede dar una buena idea el corte en Torres, formado por las siguientes capas (figura 24):

1. Arcillas sabulosas de color rojo oscuro con lechos verde azulados correspondientes al 1 del cerro del Viso y del Ecce-Homo. Oligoceno.

2. Horizonte arcilloso de rojo más vivo que el precedente, el cual en el páramo de las Cuevas está separado del anterior por una capa de caliza delgada.

3. Dos capas calcáreas blanquecinas de unos 30 centímetros de espesor, separadas por unos 2 metros de arenas arcillosas. Sobre ellas vienen arcillas rojizas y verdes alternantes.

4. Otras dos capas de caliza blanca arcillosa entre las cuales hay margas gris verdosas yesíferas.

5. Margas verdosas yesíferas.

6. Calizas margosas que pasan a calizas de los páramos; iguales al 5 del Pililla.

Todas estas capas, lo mismo que en las Cuevas, tienen un ligero buzamiento al E. Las 2 a 5 corresponden al Tortonense-Sarmatiense y la 6 al Pontiense.

7. Terraza de unos 20 metros sobre el arroyo Pantueña, en la cual descansa Torres, y cuyos conglomerados los atraviesan los pozos para coger las aguas que corren entre ellos y las arcillas paleógenas. Los cantos son de caliza y cuarcita.

8. Es la misma terraza, pero que va pasando poco a poco a formación de ladera.

9. Depósito de ladera con cantos calizos angulosos.

En este corte no está completo el Pontiense, pero internándose algo, bien hacia Cabezuelo o hacia la casa de Tapa se encuentra ya en todo su desarrollo, de modo que en un corte hecho, por ejemplo, subiendo de Valverde a

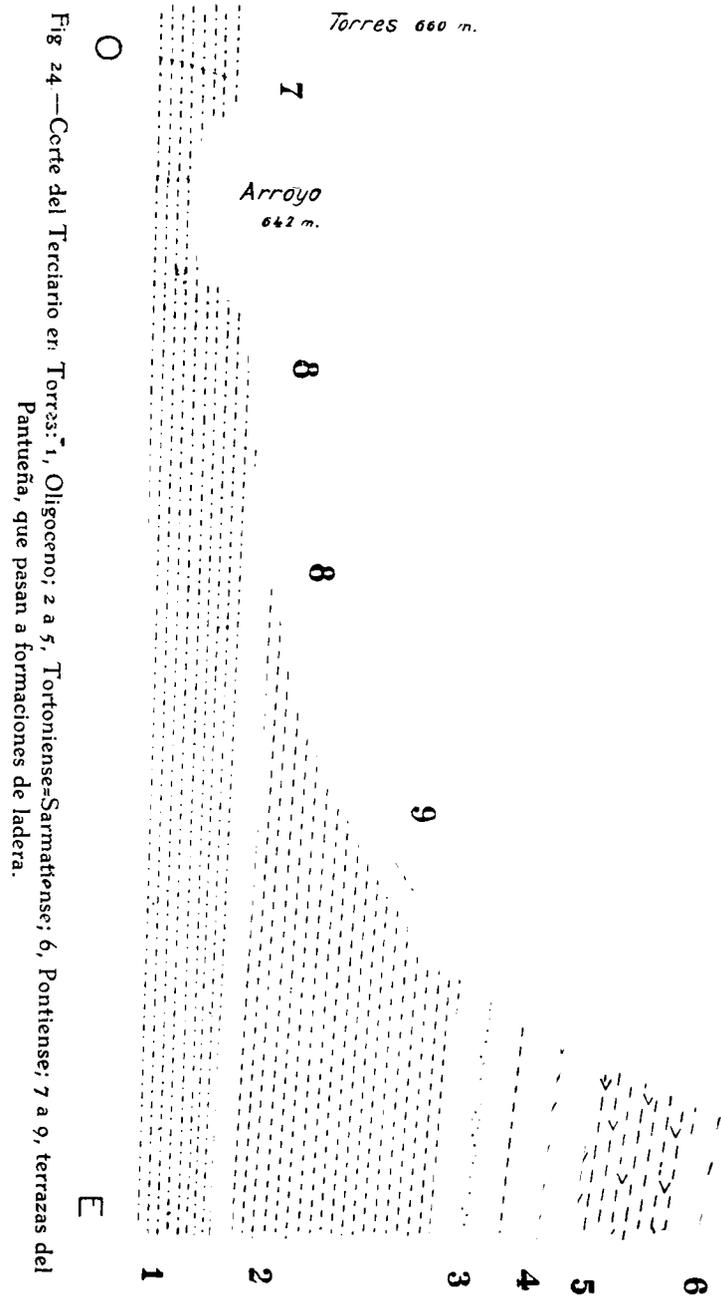


Fig. 24.—Corte del Terciario en Torres de la Alfranca, Madrid. 1, Oligoceno; 2 a 5, Tortoniense=Sarmatiense; 6, Pontiense; 7 a 9, terrazas del Pantuëña, que pasan a formaciones de ladera.

Cabezuelo se observa hacia la cumbre la siguiente estratigrafía (fig. 25):

1. Margas verdosas correspondientes a la parte alta de la 4 del páramo de Pililla. Sarmatiense.

2. Margas blanquecinas calcáreas alternantes con lechos verdosos de arcilla a veces algo lignitosos. Corresponde a la parte inferior del 5 de Pililla, y a las 3 y 4 de las Pedrizas, estando igualmente onduladas.

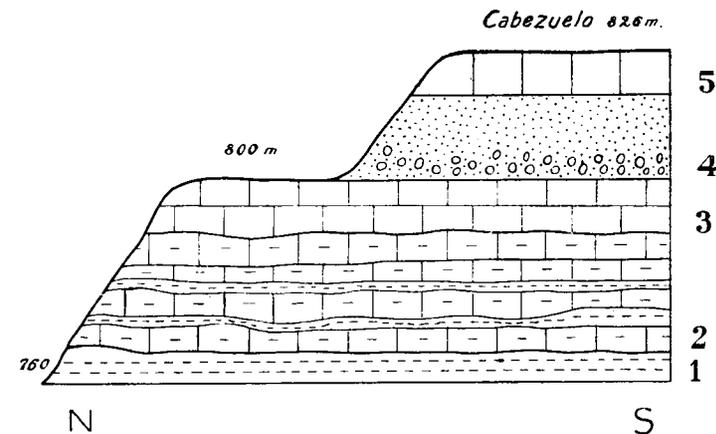


Fig. 25.—Corte del Pontiense en Cabezuelo, Valverde.

3. Calizas margosas que pasan a calizas de los páramos, las cuales forman la llanura de la cumbre. El horizonte anterior y éste tienen en conjunto unos 40 metros de espesor.

4. Arenas amarillo rojizas sueltas o cementadas exactamente iguales a las de grano grueso y más superiores de los alrededores de Madrid con composición semejante; 20 metros de espesor.

5. Calizas de los páramos típicas, con moluscos y pisolitas; 6 metros.

Estos dos últimos horizontes forman cerros de cumbre

plana; como se ve el Pontiense alcanza aquí unos 60 metros de espesor.

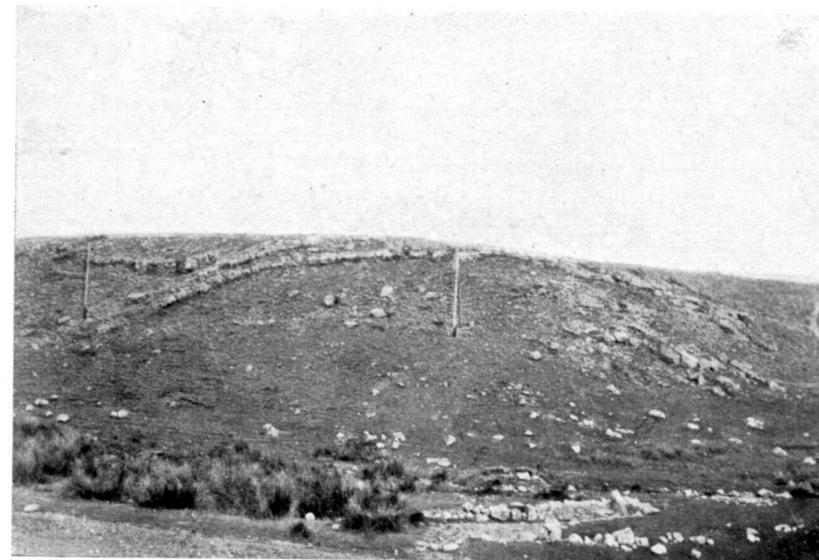
Desde Valverde hacia Nuevo Baztán se tiene la misma sucesión de capas, pero al parecer las margas son menos yesíferas; las calizas superiores se muestran formando pliegues arrasados ya, en algunos sitios, por la erosión fluvial anterior a la excavación de los valles.

Subiendo desde Torres a Pozuelo del Rey, pasando por la casa de Tapa, se ve que las margas calcáreas y calizas inferiores del Pontiense están también transtornadas y sobre ellas vienen los conglomerados y areniscas que ya hemos indicado en el Viso, Ecce-Homo, etc., y que aquí se presentan unas veces muy consolidadas y otras totalmente sueltas en forma de cantos y arenas. Este aspecto geológico se presta bien para la agricultura y se desarrollan perfectamente los olivos, lo cual, unido al cuidado que allí tienen de conservar el monte, da al paisaje un carácter totalmente distinto del que se acostumbra a ver en estas altiplanicies.

En la casa de Tapa existe un buen pozo que recoge las aguas de esa capa de conglomerados y arenas.

Cerca del vértice del Puerto, próximo a Pozuelo del Rey, aparecen los conglomerados y areniscas plegados conjuntamente con las calizas rosadas esponjosas y las típicas de los páramos que están sobre ellos (lámina XX, fot. 2). Estas calizas son aquí también muy buenas y presentan excelentes bancos que están en explotación (lámina XXI, fot. 1), los cuales contienen moldes de moluscos.

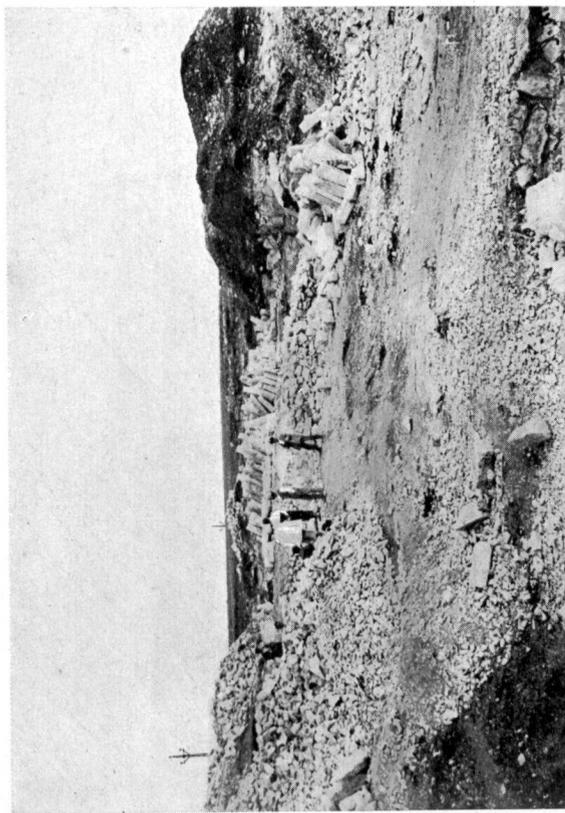
*Continuación de estos llanos hasta Camporreal y Villar del Olmo.*—Excepto en el mismo borde, por Camporreal, en que su aspecto es el mismo que hemos indicado para Carabilla y aún más irregular, el resto es una verdadera llanura con ondulaciones dirigidas de NNE. a SSO. debidas



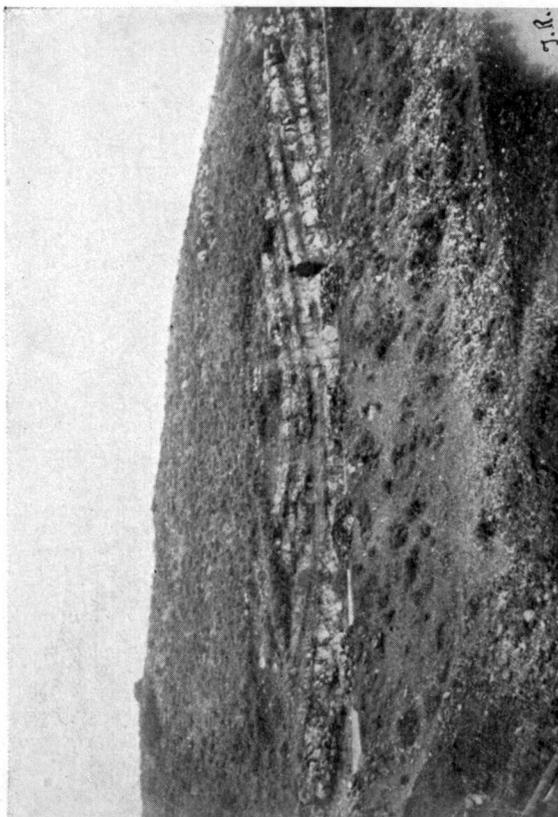
Fot. 1.—Anticinal de las calizas pontienses en la Fuente del Rey, Valverde.  
Fot. J. Royo.



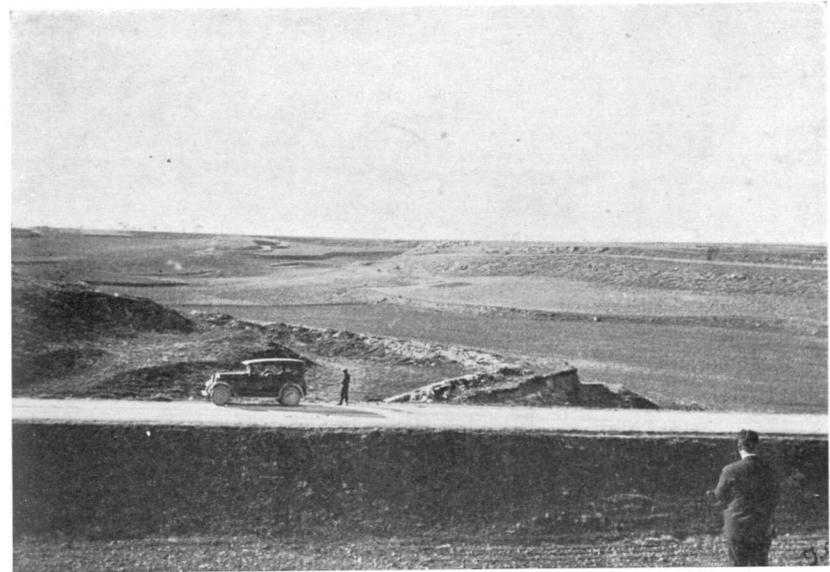
Fot. 2.—Sinclinal de las calizas y arenas pontienses en el Puerto.  
Pozuelo del Rey.  
Fot. J. Royo.



Fot. 1.—Cantera de caliza pontiense en el Puerto. Pozuelo del Rey.  
*Fot. J. Royo.*



Fot. 2.—Sinclinal de las calizas pontienses al oeste de Olmeda de la Cebolla.  
*Fot. J. Royo.*



Fot. 1.—Extremo de un sinclinal de las calizas pontienses, junto a la carretera de Carabaña, en Camporreal. *Fot. J. Royo.*



Fot. 2.—Calizas pontienses inclinadas en los Cotos. Villar del Olmo.

*Fot. J. Royo.*

a la tectónica y a la erosión fluvial. Fuera de los bordes occidentales no aparecen más que las calizas superiores pontienses, las cuales forman muy a menudo sinclinales y anticlinales de dirección NNE. a SSO., ocurriendo muchas veces inversiones en el relieve, correspondiendo los sinclinales a las lomas y no a los vallecitos. Desde Pozuelo a Nuevo Baztán aún es bastante llano, pero desde Camporreal a Villar del Olmo las ondulaciones del terreno son mucho más fuertes, llegando las capas a tener 45° de inclinación en forma de arco correspondiente a pliegues (lámina XXII).

Especial mención requiere la geología del borde entre Loeches y Camporreal, por lo cual le dedicaremos párrafo aparte después de estudiar el final de estos llanos por Olmeda de la Cebolla.

*Llanos de Olmeda de la Cebolla y valle del arroyo de la Vega.*—Separado de los llanos de Pozuelo por el profundo y estrecho valle del arroyo de la Vega se nos presenta otro que es, en realidad, una rama del que viene desde el N. de Santorcaz. Hacia el NE. de Olmeda se muestra aún bastante llano, pero las ondulaciones por los pliegues van aumentando hacia el S., produciendo además un descenso de nivel bastante grande, con una pendiente hacia Villar de unos 8 metros por kilómetro. En gran parte está aún cubierto por monte de encina.

El valle del arroyo de la Vega está labrado en las margas y arcillas sarmatienses que hacia Olmeda son frecuentemente yesíferas. Su fondo es bastante plano, dando origen a la vega que le da nombre. La constitución arcillosa de las laderas, los pliegues y la erosión antigua del arroyo han ocasionado numerosos deslizamientos y hundimientos por lo cual, en algunos sitios, es imposible estudiar la estratigrafía.

Prado, en su tan renombrada memoria (1864, pág. 206), cita ya uno de estos hundimientos ocurrido en Olmeda de la Cebolla: «El 28 de enero de 1804, por resultado de grandes lluvias que habían caído en los días anteriores, hubo un deslizamiento de terreno que allí es de arcillas y yeso con caliza en la parte superior. El 26 de enero apareció una grieta bastante ancha en las arcillas, cerca de lo alto; el 27 apareció otra más abajo, y el 28, una parte de la colina, que se presenta entre el pueblo y su barrio, se deslizó hacia el S., interceptando el camino que va a Ambite, enterrando en parte algunas casas de lo que resultó la muerte de una mujer, y cubriendo una de las fuentes del pueblo, que resurgió luego 60 metros más abajo. La caliza de la parte superior se vino también abajo en grandes trozos, algunos de los cuales llegaron a la veguilla, donde el pueblo tiene sus huertas. Posteriormente hubo otros accidentes parecidos, pero de poca importancia.»

Hacia Villar del Olmo han sido aún más frecuentes estos hundimientos y uno de los más importantes es el que hemos podido comprobar frente al pueblo, al otro lado del arroyo, y al cual se debe seguramente el manantial tan abundante que existe y del que se surte el pueblo. El corte que hemos trazado nos muestra los siguientes estratos (fig. 26):

1. Arcillas de colores oscuros, rojo parduscos y verdosos que quizás en la base sean ya oligocenas.

2. Margas verdosas y blancas con algo de yeso que se van cargando de caliza hacia la parte superior, pasando insensiblemente al siguiente. Sarmatiense-Tortonense.

3. Caliza de los páramos o pontiense.

4. Parte hundida que constituye la zona en donde se acumula el agua que forma el manantial.

5. Conglomerado formado en parte por desechos de ladera y por terraza del arroyo. Cuaternario.

Las margas y calizas pontienses son las que más claramente aparecen plegadas a ambos lados del valle. En Villar del Olmo se ven muy bien varios anticlinales y en

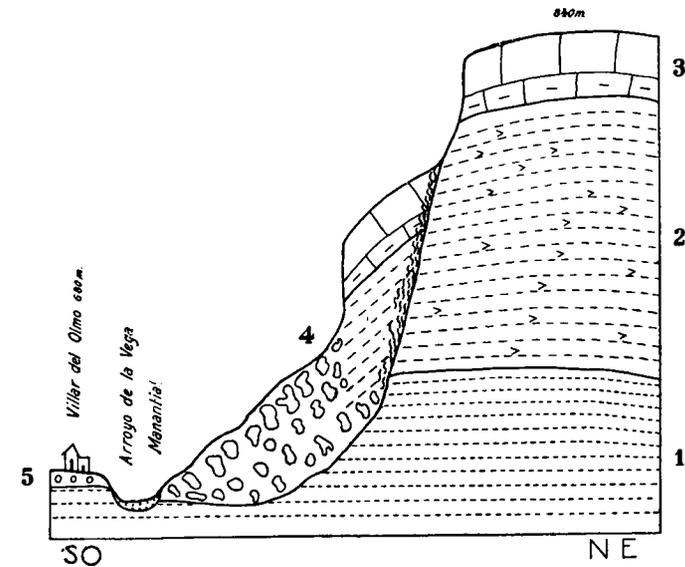


Fig. 26.—Corte del Terciario en Villar del Olmo: 1 y 2, Tortonense-Sarmatiense; 3, Pontiense; 4, Mioceno deslizado; 5, Terraza cuaternaria.

Olmeda, siguiendo la carretera de Mondéjar, también; poseyendo aquí la caliza gran cantidad de moldes de *Helix*, *Planorbis* y otros moluscos. Los pliegues van dirigidos aproximadamente de NNE. a SSO.

*Borde de la altiplanicie en Loeches y Camporreal.*—Como ya hemos dicho, en esta parte deja aquella de ser llana y tiene una superficie muy irregular, dominando las formas redondeadas. Por una parte, en el piso pontiense predominan las arenas y conglomerados, facilitando

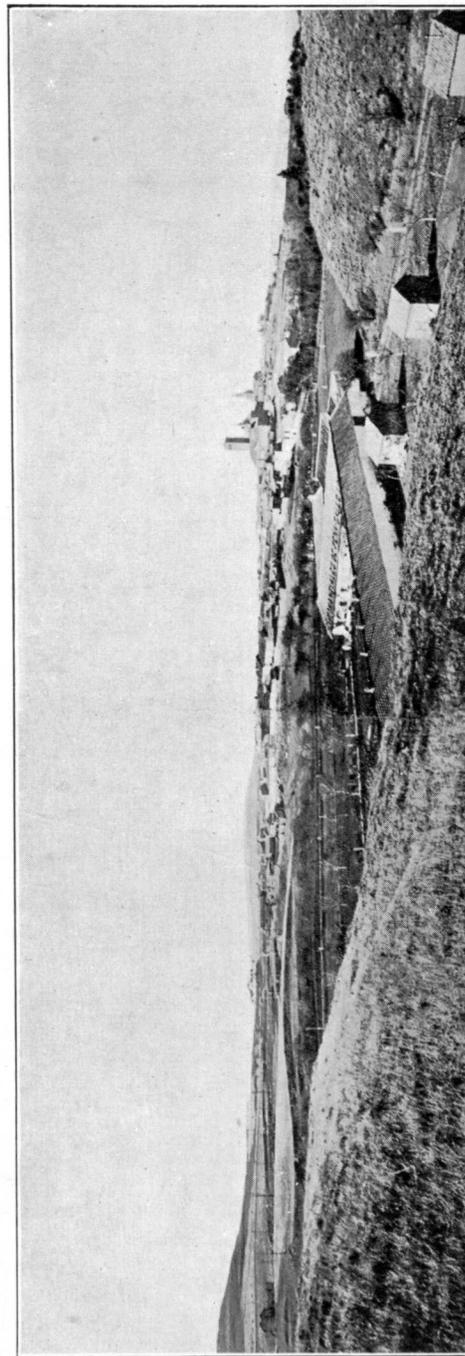
la marcha rápida de la erosión y por otra los arroyos con su fuerte pendiente han labrado profundas vallonadas.

Desde algo al N. de Loeches, las margas gris verdosas yesíferas del tipo de Vallecas u oligocenas, son las que forman la base de todo el territorio; sobre ellas se han depositado las terrazas del arroyo de Pantueña y de sus afluentes y en las mismas descansan todos los estratos miocenos que por aquí no son yesíferos, pero sí muy calcáreos, pudiéndose decir que las margas superiores que en Torres aún eran yesíferas se han convertido en calizas.

En el arroyo de la Alameda, en Loeches, ocurre como con el de la Vega de Villar del Olmo, pues los hundimientos y deslizamientos han sido tan frecuentes que la estratigrafía se hace en algunos puntos difícil por estar enmascarada con la serie de cantos procedentes de las capas superiores. Estas acumulaciones de cantos y detritus en las laderas y fondo del arroyo facilitan el acúmulo de las aguas subterráneas y a ello se debe, seguramente, la formación de los manantiales de aguas purgantes y los de las que abastecen a la población y que nacen en la parte alta del arroyo. Por cierto, que en estas últimas, la primera conducción la hizo el Conde-Duque de Olivares y son recogidas por tres galerías de unos tres metros de longitud y perpendiculares entre sí, dos que van a las laderas y otra que sigue el cauce del arroyo hacia arriba; actualmente tienen la conducción en reparación, revistiéndola para que no haya tantas pérdidas.

En las cercanías de Loeches, hemos podido trazar un corte geológico, cogiendo los manantiales de aguas purgantes y el cerro Hundido que está a levante. Las capas que lo integran son las siguientes (fig. 27):

1. Margas gris verdosas con yesos sacaroideos en nódulos y cristalizados, en capas cuyo conjunto es igual



Loeches.—En primer término, los manantiales de aguas purgantes.

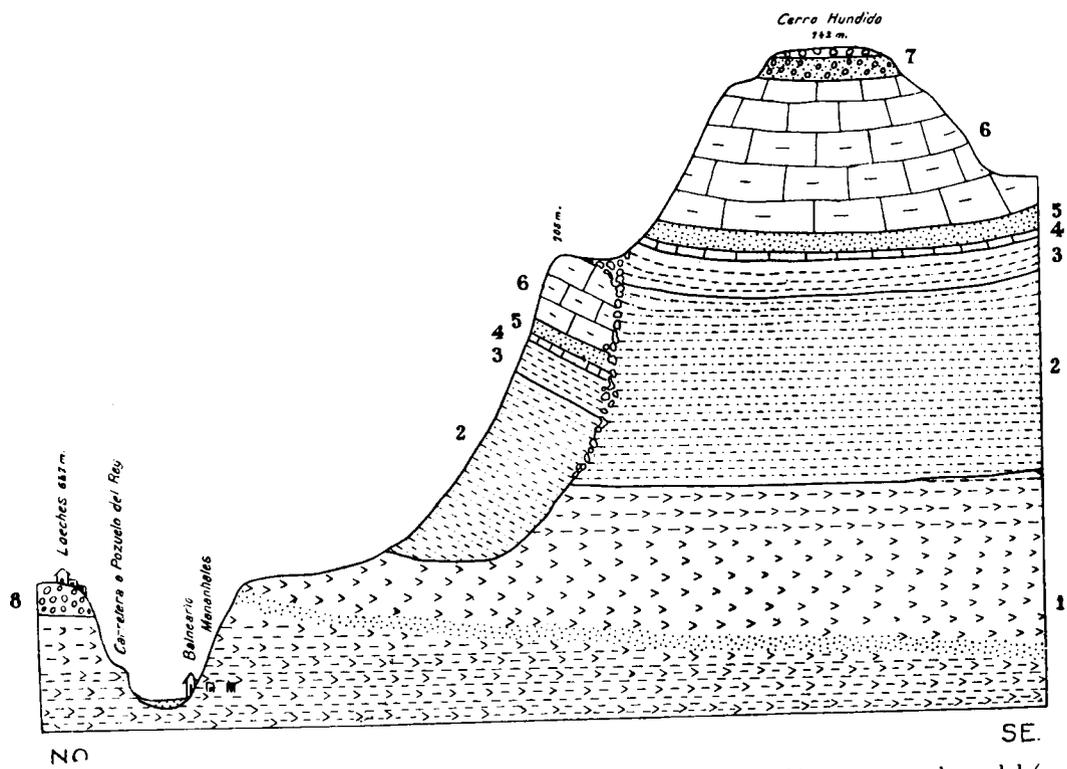


Fig. 27.—Corte del cerro Hundido en los manantiales de Loeches: 1, Oligoceno; 2 a base del 6, Tortoniense-Sarmatiense; parte del 6 y 7, Pontiense; 8, Terraza pleistocena.

al de las margas yesíferas de Vallecas, intercalándose hacia la base algunas zonas arenosas rojizas. En la parte inferior se encuentran los pozos y manantiales de aguas purgantes.

2. Arenas arcillosas de colores verdosos y rojizos oscuros, alternantes.

3. Margas verdoso blanquecinas que se hacen verde oscuras en la base.

4. Capa de caliza grisácea de unos 40 centímetros de espesor.

5. Margas y arenas gris verdosas semejantes a las de los niveles de *Testudo* en Alcalá.

6. Calizas margosas blanquecinas que hacia la parte superior se hacen más puras, representando entonces ya al Ponticense.

7. Restos del conglomerado y arenas pontienses en un espesor de unos 6 metros, que están recubiertas por tierra vegetal, con gran cantidad de restos de cerámica antigua indicando que había sido ocupada la cumbre por algún poblado.

8. Conglomerado de la terraza cuaternaria.

Esta estratigrafía es próximamente la misma que se ve en todo el borde occidental de la altiplanicie hacia la carretera de Loeches a Arganda.

El Ponticense de las cumbres, como ya hemos indicado, está formado desde la casa de Tepa, en Torres, hasta Camporreal por las calizas inferiores que hacia la parte S. tienen mayor espesor, por sustituir a las margas yesíferas sarmatienses, los conglomerados o areniscas y arenas, que unas veces son compactas y forman roca dura y otras carecen de cemento calizo y quedan completamente sueltas, y las calizas superiores casi siempre en bancos gruesos, de grano fino, más o menos pisolíticas, con canales

irregulares verticales. Esta caliza, en algunos sitios es de tan buena calidad que se la explota activamente para construcción y para el encintado y afirmado de las carreteras.

En la carretera de Loeches a Pozuelo, existe una de estas canteras, que es de las más importantes y en la cual hemos encontrado también moldes de moluscos.

En Camporreal, las arenas pontienses son arcillosas y de grano muy fino, por lo que son también muy explotadas para alfarería. Entre las carreteras de Villar del Olmo y Carabaña hemos podido estudiar las capas que forman este piso en su parte superior, que unidas a las inferiores, que asoman en los barrancos del mismo Camporreal, nos han permitido trazar el siguiente corte de conjunto (figura 28):

1. Margas calcáreas, que sustituyen en parte a las margas yesíferas sarmatienses.

2. Calizas blancas, en bancos delgados, con abundancia de cristalizaciones de calcita.

3. Arenas rojizas con cantos de cuarcita en la base y de grano fino, muy arcillosas en la parte superior, pasando insensiblemente a la capa siguiente y haciéndose, al propio tiempo, verdosas. Alcanzan un espesor de 15 a 20 metros.

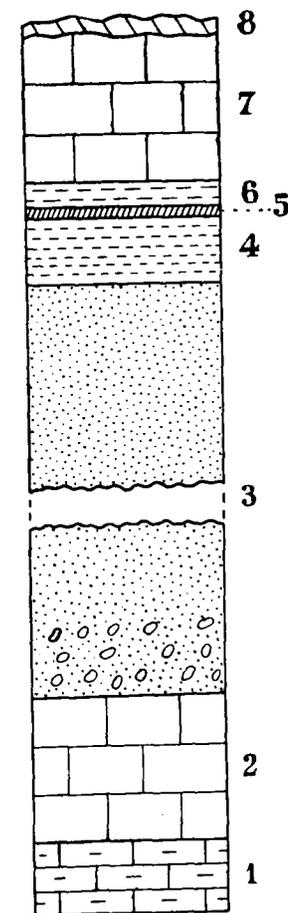


Fig. 28. — Corte del Ponticense en Camporreal: 5, yacimiento de moluscos.

4. Arcillas verdosas muy puras.
5. Lecho margoso lignitoso, con moluscos fósiles (*Carychium*, *Helix*, etc.).
6. Margas grisáceas con bolsadas de carbonato cálcico pulverulento.
7. Calizas de los páramos, típicas, que pueden tener hasta 5 ó 6 metros de potencia.
8. Arcilla roja, producto de la decalcificación de esas calizas.

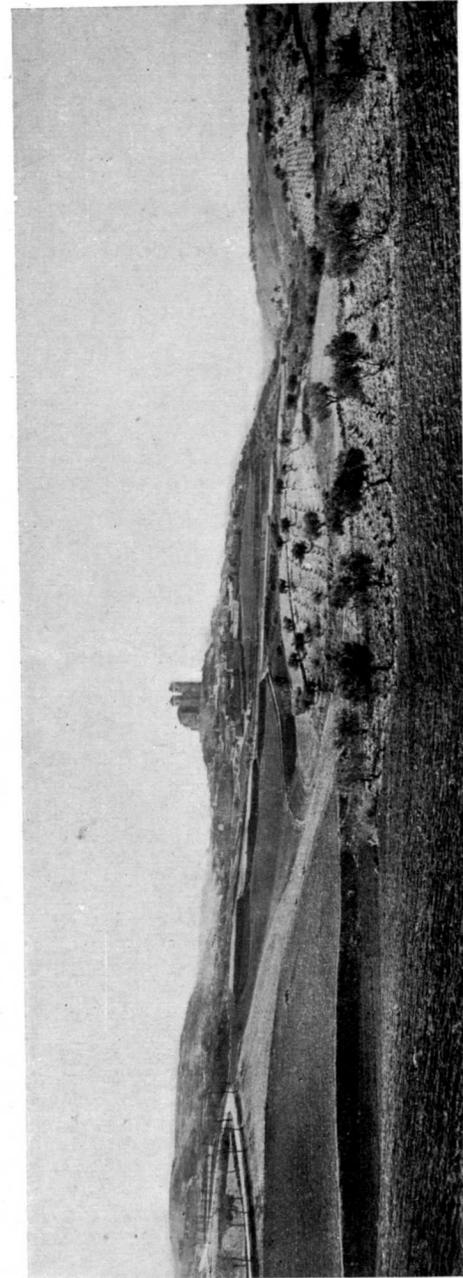
El espesor total del Pontiense, pasa aquí de 40 metros.

Sus capas no están horizontales, sino muy plegadas, formándose ondulaciones y pliegues fuertes. En Camporreal, entre las carreteras de Carabaña y de Arganda, aparece el final de un sinclinal, puesto al descubierto con el aspecto de una cubeta (lámina XXII, fot. 1). En las céntricas de la carretera de Loeches a Pozuelo también forman un sinclinal.

Frecuentemente han desaparecido las calizas superiores, quedando las areniscas y conglomerados que transmiten al paisaje un aspecto aún más ondulado (lámina XXIV), y en las cuales se dan bien el olivo y el viñedo. Los restos del monte de encina son aún numerosos.

VALLE DEL ANCHUELO Y PANTUEÑA.—En las páginas anteriores, puede decirse que hemos ido describiendo las divisorias de este arroyo y sus zonas de recepción. En cuanto al valle en sí, por su fondo plano y anchuroso y la poca importancia del arroyo que actualmente lo recorre, hay que considerarlo casi como un valle muerto, con tendencia a desaparecer y a transformarse, rejuveneciéndose, en parte, por el avance erosivo y las capturas que puedan ocasionar los barrancos afluentes del Henares.

Desde su nacimiento hasta Anchuelo, el valle es relativamente estrecho, aunque de fondo plano relleno de



El Mioceno en Camporreal. La altiplanicie pontiense está aquí fuertemente ondulada.

aluviones, estando labrado en las margas yesíferas superiores. Pasado Anchuelo, hasta la carretera de Alcalá a Villalbilla, se vuelve ya anchuroso, con abundantes aluviones que forman terraza de unos 10 a 20 metros, la cual pasa insensiblemente a formaciones de ladera, estando constituida por cantos de caliza y de cuarcita procedentes de los niveles del Pontiense. Aquí el valle ha alcanza-



Fig. 29.—Terraza de 20 metros del arroyo Anchuelo en el kilómetro 6 de la carretera de Alcalá a Pastrana. Fot. J. Royo.

do ya a las arenas y margas inferiores del Mioceno, habiendo momentos en que es difícil separar las primeras de las de la terraza por estar éstas constituidas por los deshechos de aquéllas (fig. 29). El fondo del valle sigue plano y formado por aluviones finos, por los que corre el arroyo en forma de acequia.

Hasta Loeches se hace aún más anchuroso, ya que en donde aun se conserva en toda su plenitud, desde el cerro del Viso a Torres, tendrá unos 7 kilómetros de ancho, lo cual unido a los 160 metros de desnivel de sus laderas basta para hacer resaltar la importancia de este arroyo

durante el Cuaternario. Aquí existen ya de dos a tres terrazas, una inferior, que está muy bien conservada, formada por un conglomerado de cantos calizos y de cuarcita, muy cementados, que viene a tener de unos 16 a 20 metros de altura sobre el fondo del valle (lámina XXV, fot. 2).

Las otras, superiores, están muy deshechas por la erosión y quedan reducidas a cerretes aislados. Al N. de Torres está bien marcada, formando la cumbre de dos cerros cónicos a unos 45 metros sobre el cauce del arroyo. Al N. de Loeches, hacia la divisoria con el Henares, están cubiertos los cerros de aluviones, que si bien cerca del Viso parecen deshechos de ladera, hacia Los Hueros forman verdadera terraza unida a las restantes.

Los afluentes del arroyo, como el Pantueña hacia Valverde y el de la Alameda en Loeches, tienen también sus terrazas que se unen a las descritas. Torres está situado sobre la de 20 metros y lo mismo Loeches, terraza que, cortada en retazos, se continúa aguas arriba de los arroyos (lámina XXVI). En varios cortes de los ya descritos se ven algunas de estas terrazas. Hacia la confluencia del arroyo de la Alameda de Loeches con el Pantueña, hemos hecho otro corte en donde se ve lo siguiente (fig. 30):

1. Margas gris verdosas con yesos compactos y sacaroideos iguales a las de Vallecas. Paleógeno (Oligoceno).

2. Margas verdosas miocenas.

3. Terraza cuaternaria con cantos calizos y de cuarcita sobre la que más al E. se asienta Loeches y la cual parece ser la continuación de la 4.

4. Terraza de 16-20 metros, del arroyo Pantueña, formada por un conglomerado muy coherente, cuyo espesor oscila entre 1 y 3 metros.

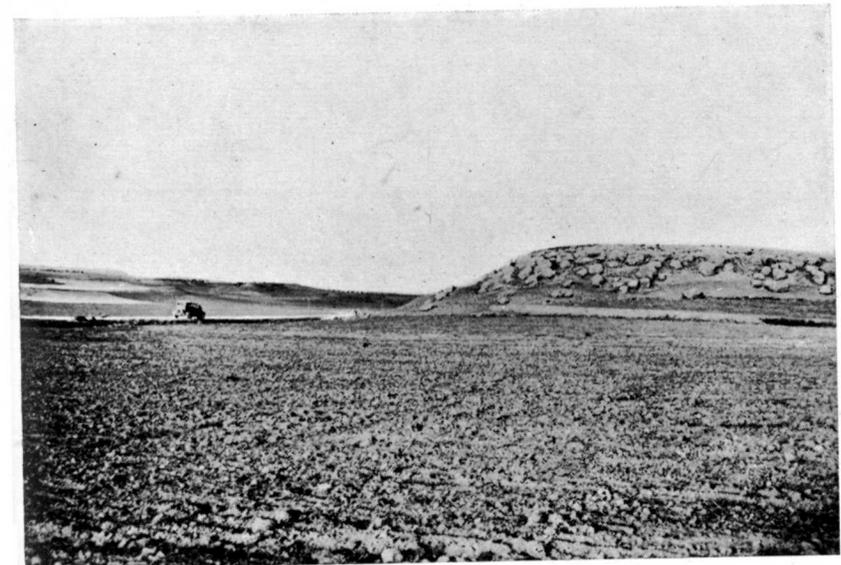
5. Terraza de unos 9 metros del arroyo de Loeches.

El arroyo desde la carretera de Villalbilla se abre paso



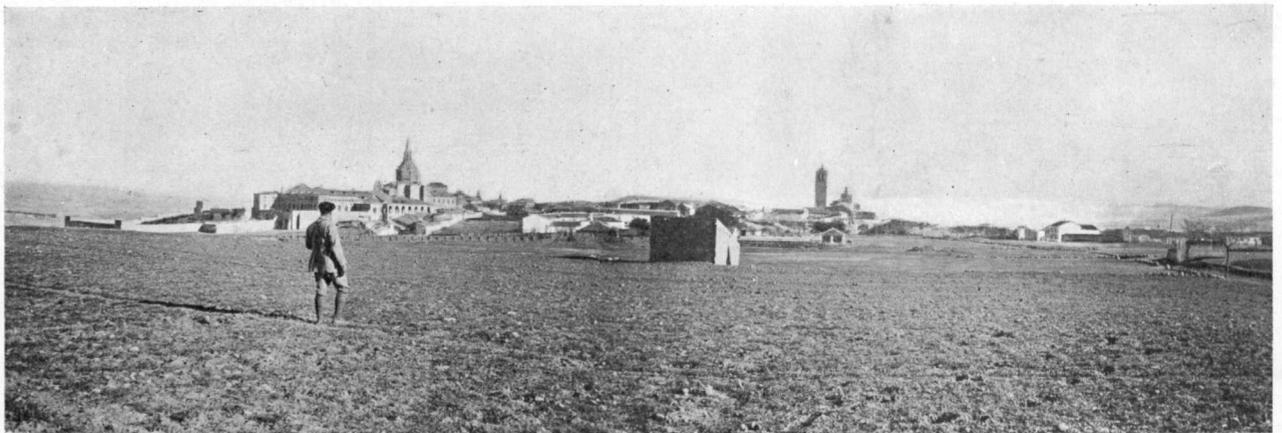
Fot. 1.—Borde de la terraza de 20 metros del Jarama en Mejorada del Campo.

Fot. J. Royo.



Fot. 2.—La terraza de 20 metros del arroyo Pantueña en Torres.

Fot. J. Royo.



Loeches sobre una de las terrazas del Pantueña

*Fot. J. Royo.*

en las arcillas y areniscas oligocenas que en algunos puntos contienen ya yesos cristalizados pero que es hacia el O., en donde se cargan verdaderamente de este mineral con todos los caracteres de proceder de la transformación de la anhidrita.

El valle, después de la confluencia con el de Loeches, se estrecha y se reduce a unos 500 metros de anchura, yendo como encajonado en las margas yesíferas oligocenas y en las terrazas del Jarama, indicándonos el avance de su confluencia con este último durante el Cuaternario.

**VALLE DEL JARAMA.**  
Como se ha dicho, del valle del Pantueña se pasa a éste, que por ser disimétrico nos muestra sus terrazas bien manifiestas en

su margen izquierda, mientras que en la derecha nos presenta escarpes de las margas yesíferas oligocenas en Ribas, de más de 60 metros de altura. En la parte geográfica hemos hecho ya su descripción, por lo que aquí nos atenderemos solamente a la geología.

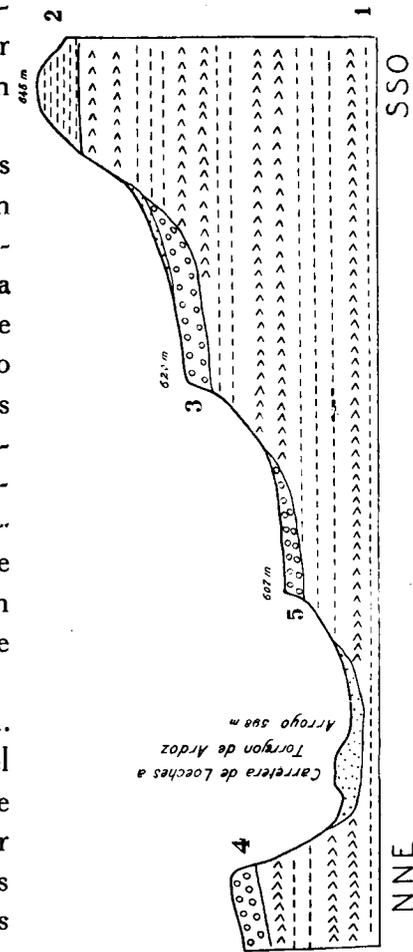


Fig. 30.—Corte de las terrazas de Loeches; 1, Oligoceno; 2, Mioceno; 3 y 4, terraza de 20 m. del Pantueña; 5, terraza de 9 m. del arroyo de la Alameda.

En Mejorada del Campo, hasta la parte alta de la Granja, pueden estudiarse las terrazas de este río por estar bastante bien conservadas, como nos lo demuestra el corte de la figura 31, en el que las altitudes ponen de manifiesto la existencia de tres terrazas, próximamente a los 20 m. (lámina XXV, fot. 1), 60 m. y 80-100 m. sobre el cauce del Jarama. Sus materiales, constituidos principalmente por cantos de cuarcita, llegan a formar un banco duro en la de 20 metros, que sirve de techo a diversas viviendas y bodegas de tipo troglodítico, mientras que en la de 60 metros son más sueltos y con arenas rojizas.

Se asientan, como se ve en el corte, sobre las capas terciarias siguientes (fig. 31):

1. Margas gris verdosas oligocenas, con gran cantidad de yesos, procedentes de la transformación de la anhidrita, en las cuales hacia la carretera de Loeches se intercalan arcillas rojizas menos yesíferas.

2. Margas verdosas y arenas miocenas.

Con algún mayor detalle puede verse la estratigrafía

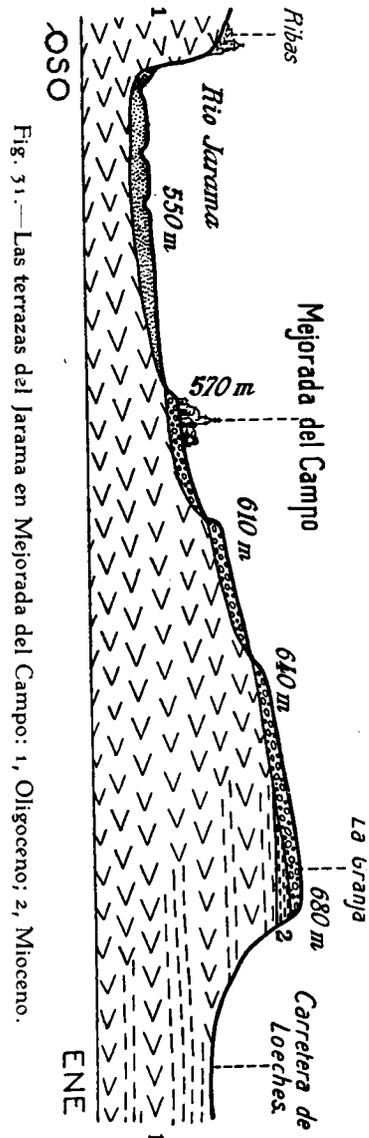


Fig. 31.—Las terrazas del Jarama en Mejorada del Campo: 1, Oligoceno; 2, Mioceno.

de este Terciario en el extremo NE. de la Granja por haber quedado al descubierto a causa de la erosión de los afluentes del Pantueña y del Henares. En la casa del Rosario, o sea hacia el arroyo de Pantueña, se observa la siguiente sucesión (fig. 32):

1. Margas verdosas oligocenas, con niveles de yesos

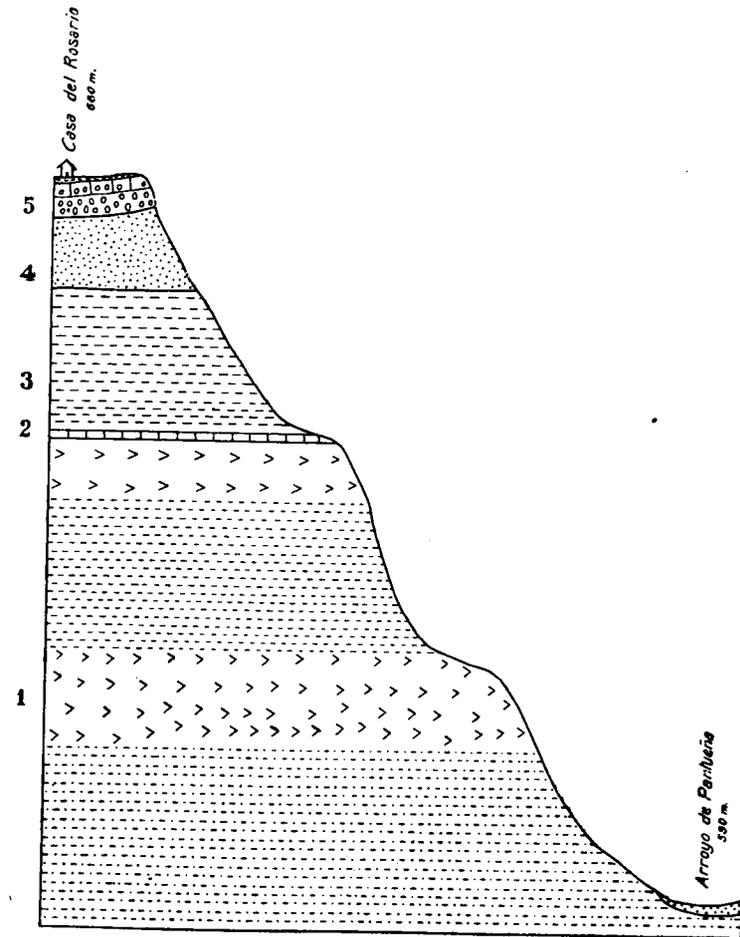


Fig. 32.—Corte del Terciario en la casa del Rosario, Mejorada del Campo: 1 y 2, Oligoceno; 3 y 4, Tortoniense-Sarmatiense; 5, terraza de 80-100 m. del Jarama.

sacaroides, que en algunos puntos forman lechos delgados rojizos, atravesados por vetas de yeso fibroso. Espesor, unos 60 metros.

2. Lechos de caliza gris verdosa margosa.

3. Arenas arcillosas rojizas y grisáceas, en lechos delgados, que se vuelven verdosas hacia la parte superior. Espesor, 15 metros.

4. Arenas gruesas, gris rojizas, menos arcillosas que las anteriores, muy semejantes a las que en el Puente de Vallecas contienen al yacimiento de mamíferos sarmatienses. Espesor, 9 metros.

5. Conglomerados de cantos de cuarcita, de unos 10-20 centímetros de diámetro como máximo, con algunos de caliza y de sílex, unidos a veces por cemento calizo duro; están constituidos en la base por arenas arcillosas blanquecinas que se van cargando hacia la parte superior de toba caliza roja; en la parte más alta desaparecen los cantos y queda únicamente la toba con arcilla roja y aun ésta sola con nodulillos calcáreos. Su espesor es de 2 a 3 metros.

Los estratos 2 a 4 son miocenos (Tortonense-Sarmatiense) y el 5 es la terraza de 80-100 metros, del Jarama, vista en su parte más alta y más alejada de éste.

En la zona septentrional, cercana al Henares, el corte es muy semejante, estando formado por la alternancia de arcillas rojas y margas verdosas yesíferas, del mismo tipo que el 1 del corte anterior, perteneciente al Oligoceno; está también la capa de caliza 2 y sobre éstas arcillas sabulosas de color siena oscuro y areniscas arcillosas gris verdosas y amarillo rojizas con estratificación más o menos cruzada, correspondientes a las 3 y 4, encima de las cuales vienen ya las tobas y los conglomerados de la terraza.

Al S. del arroyo de Pantueña, entre Loeches y el Jarama, el Terciario, en su gran parte, está cubierto por el Cuaternario con tres terrazas exactamente iguales a las de la Granja de Mejorada, que acabamos de describir, pero cuyos bordes no se destacan bien debido a lo muy destruidos que están por la erosión y por estar convertidos en tierra de labor. Cerca del Pantueña, hacia el Monte de Loeches en donde está la Casa del Guarda, propiedad del Conde de Torralba, aparecen los yesos y margas gris verdosas yesíferas del tipo de Vallecas y las arcillas igualmente oligocenas.

La terraza de 100 metros no existe más que en la cumbre de los dos cerretes situados al SO. de Loeches, en el camino de Velilla, en donde se conserva también un poco de Mioceno. La terraza de los 60 metros es la más alta que aparece en dirección a Arganda, sirviéndole casi de límite superior la carretera. Sin que se pueda distinguir de un modo cierto de la de 30 metros viene luego la de 15 a 20 m., que se extiende hasta cerca del Jarama, con un espesor de cantos bastante grande. Sobre ella están los antiguos Baños de Peralta, que eran también de aguas purgantes por el estilo de las de Loeches, pero que no eran nacidas allí sino conducidas desde las cercanías de las laderas de Valdegatos.

Toda esta comarca resulta ser un terreno ondulado, cubierto de cantos de cuarcita y algunos de sílex o de caliza, con una pendiente general hacia el Jarama, que contrasta fuertemente con las laderas rápidas y cerros alargados y redondeados en que termina la altiplanicie miocena.

La ribera derecha del Jarama, en la parte alcanzada por la hoja, está constituida por los escarpes de Ribas y por terrazas que hay hacia San Fernando y que están

cortadas también por el río. El Terciario está formado aquí por yesos sacaroideos y margas gris verdosas oligocenas, muy cargadas de yesos, que son las mismas de Mejorada, Loeches y Vallecas, viéndose claramente, subiendo por la carretera a Ribas, que este yeso, en su mayoría, procede de la hidratación de la anhidrita, pues están retorcidos y replegados; su espesor es de unos 70 metros y en algunos sitios quizás algo más.

Sobre ellos vienen las capas del Tortonense y Sarmatiense, constituidas por unos 8 metros de margas de colores siena oscuro y gris verdoso, en las que se intercalan lechos delgados de nódulos de sílex; sigue una capa delgada de caliza, de aspecto brechoideo, encima de la cual vienen las margas verdosas con sílex y algunos nódulos calcáreos y margas grises blanquecinas, con lechos de margas calcáreas blancas, calizas blancas o basto y calizas arcillosas con huecos de cristales lenticulares de yeso; este horizonte es el mismo que en el cerro de Vallecas constituye la base, acompañado de sepiolita. Ya en el cerro del Telégrafo, de Ribas, y por lo tanto fuera de la Hoja de Alcalá, sobre esas capas vienen margas y arcillas verdosas y grises y por encima de éstas, formando la plataforma de la cumbre, otras capas plegadas de sílex, calizas de grano muy fino con lechos de arcilla verdosa, todo igual, excepto el sílex, a la zona calcárea que en las Pedrizas de Anchuelo y en otros sitios hemos visto estaba intercalada entre las margas yesíferas de debajo de las calizas de los páramos y, por lo tanto, viene a representar un tránsito hacia el Pontiense o su parte inferior. El Mioceno, por encima de las margas yesíferas oligocenas, tiene aquí aproximadamente 100 metros de espesor.

El río, en su avance erosivo, excava en la base del escarpe constituido por ese Terciario y se producen con-



Fot. 1.—Terraza de 16 = 20 metros, del Henares, en la cantera del Tío Tino. Alcalá. *Fot. J. Royo.*



Fot. 2.—Terraza de 50 a 60 metros del Henares, en el kilómetro 4 de la carretera de Ajalvir a Estremera. Torrejón de Ardoz. *Fot. J. Royo.*

tinuamente desplomes de grandes bloques. El valle por esta parte es muy pintoresco (lámina XIII).

Más al N., hacia San Fernando, entre los cerros terciarios y el cauce del río, se forma una plataforma de aluviones cuaternarios que parecen una terraza alimentada por conos de deyección de los torrentes que descienden de aquéllos. Ya cerca de San Fernando, al O. de la carretera, aparece un potente depósito de cantos rodados de cuarcita y arenas con todos los caracteres de una terraza algo más alta que la anterior y que es activamente explotada para la extracción de sus materiales. En gran parte, estas formaciones entran ya en la hoja de Madrid.

La ribera izquierda, en Torrejón, como en realidad corresponde al valle del Henares, será en éste en donde la estudiaremos.

El lecho actual del Jarama es plano y anchuroso, pasando en algunos parajes de los dos kilómetros (lámina XII). Está formado por légamo, arenas y cantos, habiendo frecuentes inundaciones que han ido haciendo variar algo el cauce del río. Es una excelente vega, pero que no está bien aprovechada agrícolamente, más que por algunos propietarios.

VALLE DEL HENARES.—Al estudiar los alrededores de Alcalá, hemos descrito ya la terraza de los 16-20 metros (lámina XXVII, fot. 1) y la llanura aluvial sobre que se asienta la población. La segunda se extiende por la derecha del río hasta el arroyo de Torote, frente al cual, y por su izquierda, es donde se vuelve a desarrollar, sirviendo de emplazamiento a fincas agrícolas muy productivas y campos para la cría de toros bravos. El soto en esta parte está aún bien conservado y con gran cantidad de vegetación espontánea, abundando el taray o *Tamarix* (lámina XI).

Entre el cerro del Viso y el de la Granja se ensancha el valle en busca del de Pantueña y se forma una especie de terraza que parece corresponder a la de 16-20 m.

Hacia la confluencia, el lecho actual se estrecha algo y por la izquierda desaparecen las formaciones pleistocenas, excepto en un cerrete con una casa que está junto a la carretera de Mejorada, en cuya cumbre existen aún restos de la terraza de 60 metros.

Por la derecha del río es la terraza de 16-20 m., que hemos señalado en Alcalá, la que se extiende hasta el mismo Jarama formando amplia llanura (fig. 33). Su conglomerado llega a ser muy compacto y sus cantos son todos de cuarcita. La terraza de 30 metros no llega a definirse y tan sólo entre Torrejón y el Jarama parece como si quisiera señalarse algo. Los conglomerados de las trincheras del ferrocarril y de la carretera, en los kilómetros 20 y 17, respectivamente, pertenecen totalmente a la terraza del Henares y no a la del Jarama, como han indicado los Sres. Hernández-Pacheco (F.) y Aranegui (P.) (1927); su inclinación hacia Torrejón y el Henares y sus cantos todos de cuarcita bastan para demostrarlo, aunque la confusión es comprensible si se tiene en cuenta que la confluencia de los dos ríos está muy próxima.

En el rincón situado al NO. de Torrejón se pueden ver aún otras terrazas del Henares. A continuación de la anterior viene la de 55-60 metros, que en lo que abarca la Hoja empieza próximamente hacia el kilómetro 4 de la carretera de Ajalvir (lámina XXVII, fot. 2), y con ligeras interrupciones sigue hasta la casa de Garcini o de Quintana. Sus materiales son arenas pardo rojizas, cantos de cuarcita y arcillas muy rojas que dan la coloración a todos estos cerros. En la casa de Garcini ha sido dada

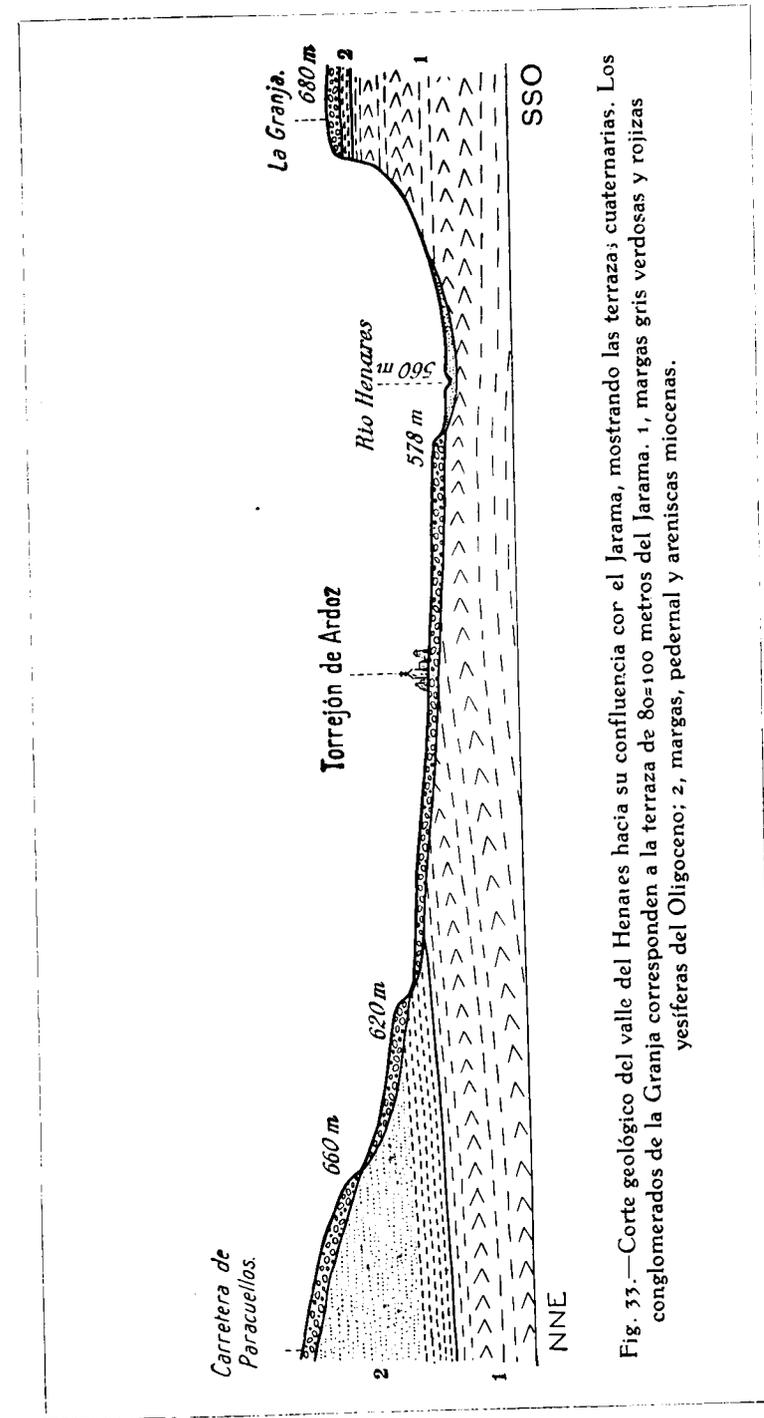


Fig. 33.—Corte geológico del valle del Henares hacia su confluencia con el Jarama, mostrando las terrazas; cuaternarias. Los conglomerados de la Granja corresponden a la terraza de 80-100 metros del Jarama. 1, margas gris verdosas y rojizas yesíferas del Oligoceno; 2, margas, pedernal y areniscas miocenas.

como del Jarama por dichos geólogos, pero decimos lo mismo que para la otra más baja.

Más al NO. aún aparece otra hacia los 650 y 660 metros, o sea a unos 100 metros sobre el río, formada también por cantos de cuarcita unidos por arenas y arcillas muy rojas. A los 680 metros se extiende la llanura de Paracuellos, formada por una terraza que no se marca bien aquí su borde para distinguirla de la de 100 metros e incluirla ya en otra más elevada que no hemos podido determinar ahora, pero sí en la hoja de Aljete. Esta terraza corresponde a los dos ríos; hacia Paracuellos pertenece al Jarama y hacia Torrejón al Henares.

El Terciario muestra un corte muy interesante en los escarpes del Jarama que desde Paracuellos van a las trincheras anteriormente indicadas, pasando por la casa de Garcini. El conjunto de las capas está buzando hacia el ONO. con inclinación de algunos grados.

En la base y por debajo de la terraza de las trincheras supradichas, aparecen las margas verdosas yesíferas del Oligoceno, continuación de las de Ribas de Jarama y Mejorada. Sobre ellas, hay margas verdosas y rojizas no yesíferas, que en parte corresponderán ya al horizonte tortoniense-sarmatiense. Sigue un gran espesor de margas verdosas oscuras entre las cuales se intercalan algunas capas margosas blancas hacia la base y un potente lentejón de silex; por su posición y naturaleza de las rocas estas capas son las mismas de la base del cerro de Almodóvar, en donde se encontró la *Testudo bolivari*, y en la que aparece también el silex y la sepiolita. Vienen a continuación arenas arcillosas amarillo rojizas con otro lentejón de silex, que seguramente es contemporáneo del que forma la cumbre del cerro de Almodóvar en Vallecas. Aún se intercalan algunas capas de caliza cavernosa y, por último,

vienen arenas de grano grueso, arcosas, constituídas por granos y cantitos sueltos de granito, de cuarzo, de ortosa y de mica; arenas que son iguales a las que forman la parte alta de Madrid.

Las terrazas con sus cantos de cuarcita se van apoyando sucesivamente sobre estos estratos y así la más alta está colocada sobre las arenas del tipo de Madrid; la de la casa de Quintana sobre las margas verdosas oscuras, y la baja, como ya hemos indicado, sobre las margas verdes yesíferas oligocenas.

Este corte es muy importante porque estratigráficamente demuestra que las arenas de Madrid son miocenas, y de ellas, las más superiores y de grano grueso, idénticas a las que hemos visto intercaladas en las calizas de los páramos en todo el resto de la hoja, pertenecerán ya al Pontiense, por lo cual así las señalamos en el mapa. Además, la terraza que viene encima con sus cantos de cuarcita, naturaleza totalmente distinta a la de los materiales que forman a aquellas arenas, es otro dato que indica la diferencia de edad.

Por otra parte, nos muestra, también, que fuera de la región de los páramos el Mioceno es más detrítico y apenas tiene sedimentos de origen químico o lacustre.

Para terminar esta parte descriptiva diremos que los valles de los arroyos de Torote y de Camarmilla son anchurosos y en esta hoja corren únicamente a través de la terraza de 16-20 metros del Henares.

**Cortes geológicos generales.**—Con colores distintivos de la edad de los terrenos, presentamos también cortes geológicos generales, que si siempre son necesarios por ser los únicos que con un sólo golpe de vista pueden dar idea de la constitución y estructura de un país, en el

caso de la Hoja de Alcalá aún lo son más. Son tan extensas aquí las manchas cuaternarias, que dichos cortes constituyen el medio más conveniente para dar a entender que esos depósitos no forman más que simples mantos que están recubriendo a los sedimentos terciarios; su particular distribución, la estratigrafía y tectónica del Terciario exigen también su utilización. En su trazado hemos tenido que exagerar mucho la escala de alturas con relación a la de longitudes con el fin de que se destaquen bien algunos de los horizontes estratigráficos.

Los cortes I a IV tienen por principal fin el dar cuenta de la geología de toda la cuenca. En el corte I se pueden ver las dos principales terrazas del valle del Henares (la de 20 m. y la de 60 m.) y el escalón que forma la meseta alcarreña o miocena. Se pueden distinguir bien los dos niveles de yeso, el inferior al horizonte de *Testudo bolivari* u oligoceno, que se une a los estratos atravesados por el sondeo, y el superior a dicho horizonte e inferior a las calizas de los páramos o sea el llamado sarmatiense. En el II y el III se ve esa misma sucesión en el resto de la Hoja, pero abarcando la extensa altiplanicie del SE.

El IV, tiene un interés especial porque en él se reconoce la unión o correspondencia de las margas yesíferas de Ribas de Jarama o sea de Vallecas, con las arcillas plásticas y areniscas de la base del cerro del Viso u Oligocenas. En él, además, se corta el valle del Jarama dando idea del gran desarrollo de las formaciones recientes u holocenas y de las terrazas.

Los cortes V a XI forman una serie de suma importancia. Son todos ellos transversales al valle del arroyo Anchuelo-Pantueña mostrando su gran desarrollo y su diferencia de altitud con el del Henares, así como que este río va destruyendo la divisoria que los separa; se nota con

ello que la altiplanicie o páramo que la formaría desde Peña Bermeja, en Los Santos de la Humosa, y que pasaría por las Pedrizas de Anchuelo, el Ecce-Homo y el cerro del Viso, ha quedado hoy reducida a estos cerros que acabamos de citar. Por otra parte, se puede observar la continuidad de la estratigrafía desde el N. al S. de la Hoja y el paso de la zona de los páramos a la de la campiña.

Un hecho que se marca bien en casi todos los cortes que ofrecemos es la estructura del valle del Henares, ya que se indica que los estratos están formando un suave anticlinal con tendencia a pliegue monoclinal, observación tectónica que los estudios geofísicos han venido también a señalar. Se puede ver al mismo tiempo que el Terciario, aunque en esta parte se pudiera considerar en conjunto como horizontal, no se presenta así en realidad sino formando ligeras ondulaciones.

## RESUMEN GEOLÓGICO DE LA HOJA DE ALCALÁ

Por lo que se ha visto en la parte descriptiva que antecede, el territorio abarcado por la Hoja de Alcalá está formado exclusivamente por el Terciario y el Cuaternario. Vamos ahora a tratar de dar aquí los rasgos más característicos de cada uno de ellos como resumen de todo o dicho.

### TERCIARIO

Está integrado por el Paleógeno y por el Mioceno superior <sup>1</sup>, no habiendo hasta ahora ningún dato que con-

<sup>1</sup> Para el Plioceno, véase lo que se indica en la parte correspondiente al Cuaternario.

firme la existencia del Mioceno inferior, o sea, del Burdigaliense y Helveciense. Si incluimos aquí lo que se dice en la memoria del sondeo de Alcalá podemos señalar la existencia de los siguientes pisos:

*Eoceno*.—Arcosas, arcillas y margas calcáreas negruzcas y calizas grises con restos de vegetales, *Planorbina pseudoammonius castrensis* (Noul.), *Galba aquensis michelini* (Deshayes)? y *Leuciscus kindelani* (Royo)? encontradas en el sondeo, que empiezan a los 600 m. de profundidad y llegan hasta los 1.000 m., punto en donde se ha abandonado la perforación sin haber alcanzado al Cretácico.

*Oligoceno*.—Arenas y areniscas arcillosas de grano fino sin estratificación cruzada y arcillas plásticas de colores rojos y verdosos, margas gris verdosas y margas calcáreas grises y negruzcas; estratos muy ricos en nódulos de anhídrita, yeso procedente de la hidratación de aquélla y, aunque más raro, yeso de origen lacustre.

En el sondeo, entre los 500 y 600 metros, existen zonas fosilíferas muy ricas en oogonios y talos de caráceas, impresiones de restos de fanerógamas, moldes y conchas de moluscos, tales como *Coretus cornu cornu* (Brongn.), *Giraulus* (*Gyraulus*) *polycymus* (Font.), *Lymnaea acuminata acuminata* (Brongn.), *Hydrobia* sp. y *Valvata*? sp., caparazones de *Cypris*, y dientes taríngeos y restos óseos de *Leuciscus kindelani* Royo. Esta fauna, por las especies de moluscos, es propia del Eoceno superior y Oligoceno inferior, de modo que lo mismo se la puede incluir en el sistema que estamos estudiando que en el anterior. La no existencia de mamíferos impide el fijar exactamente el piso a que corresponde.

De todos modos, esta fauna basta ya para poder incluir en el Oligoceno a todos los estratos superiores que

desde esa profundidad llegan a la superficie, y a los que les siguen en el exterior hasta una altura media de 60 metros sobre el cauce del Henares, puesto que están unidos a ellos por todos sus caracteres geológicos y mineralógicos.

Concretándose a las rocas que aparecen al exterior, podemos decir que está representado este período por arenas y areniscas arcillosas o micáceas y arcillas plásticas de color rojo oscuro, algunas veces verdoso, que hacia las inmediaciones del Ecce-Homo contienen yesos rojos cristalizados, pero que en el resto a lo sumo tienen vetas de yeso de segunda formación. Abundan en estos estratos las eflorescencias de sulfato magnésico, por lo cual sus aguas son siempre salobres; hacia el S. y SO. entre estas rocas se intercalan margas gris verdosas con gran cantidad de nódulos de yeso sacaroideo y bacilar o masas que a veces están retorcidas indicando claramente su origen por la hidratación de la anhídrita. Estas margas son las que predominan inmediatamente e integran casi exclusivamente el piso. En ellas se forman los manantiales de Loeches.

La delimitación del Oligoceno y Mioceno en los alrededores de Alcalá es difícil, pues tan sólo se notan unas capitas de toba calcárea de formación subaérea hacia la parte superior de aquél, sobre las cuales, casi inmediatamente, vienen arenas y areniscas de color más claro, en las que es frecuente la estratificación cruzada. Provisionalmente consideramos esa zona calcárea como límite superior del Oligoceno.

*Mioceno*.—En un espesor de 150 a 200 metros aparecen los estratos de esta edad colocados en aparente concordancia sobre los del Oligoceno. Se pueden distinguir dos tipos en este Mioceno, como ya se ha indicado en la parte general para toda la cuenca; uno, situado a la derecha del Henares completamente o casi completamente, de

facies detrítica, y otro, el de la izquierda, en el cual a medida que se avanza hacia el E. y SE. aumentan los depósitos químicos. En el primero, todo son arcillas y margas arcillosas verdosas y arenas gris verdosas y amarillo rojizas, excepto hacia el Jarama, en donde se intercalan algunos lentejones de sílex y capas de caliza más o menos margosa.

En el Mioceno de la izquierda del Henares se distinguen bien tres tramos. Uno inferior, formado por arenas y areniscas de colores grisáceos y amarillo rojizos; arcillas o margas verdosas y rojizas entre las cuales se intercalan bancos de caliza blanca más o menos margosa; en él se encuentran los niveles de *Testudo bolivari* y hacia la parte inferior el de *Lagomys peñai*. Otro nivel medio que está integrado por margas verdosas, pero de conjunto gris más o menos blanquecino, el cual suele contener yesos laminares grandes en hierro de lanza y lenticulares, intercalándose frecuentemente algún lecho lignitoso y calizas margosas con epigénesis de yeso; hacia el SE. estas calizas son las que predominan, pudiéndose confundir con las del tramo siguiente, siendo en ellas, pero en las Pedrizas de Anchuelo, en donde hemos encontrado moldes de *Unio* y *Melanopsis*. Por último, existe otro nivel superior con calizas, arenas o areniscas y conglomerados, dispuesto de tal manera que las calizas suelen formar la base y la parte superior, mientras que los otros constituyen la intermedia, generalmente más potente. En estas calizas hemos encontrado en abundancia moldes de *Bythinia*, *Hydrobia schlosseri* Royo, *Melanopsis kleini valentinensis* Font., *Carychium pachytilus* Sandb., *Galba bouilleti bouilleti* (Michaud), *Coretus thiollierei* (Michaud), *Hemicycla gualinoi* (Michaud), etc.

Estos tres tramos no admiten tampoco una delimita-

ción exacta por pasarse insensiblemente de los unos a los otros. Siguiendo las normas ya trazadas en la parte general de la cuenca se pueden referir: el inferior al *Tortoniense* y *Sarmatiense*, el medio al *Sarmatiense*, pero como paso al *Pontiense*, y el superior claramente al *Pontiense*.

#### CUATERNARIO

Descontando los materiales producidos por alteración o descomposición de otros, tales como las arcillas de decalcificación, etc., podemos distinguir las formaciones de ladera, las de las terrazas y las del lecho actual de los ríos.

Las formaciones de ladera y de torrenteras están generalmente integradas por bloques y cantos angulosos de las rocas que constituyen las cumbres cercanas, pero al alejarse de estos puntos quedan reducidas a elementos más finos. Tanto en uno como en otro caso se puede pasar insensiblemente de ellas a las terrazas pleistocenas o a los aluviones recientes u holocenos de los ríos y arroyos, por lo cual una delimitación exacta de todas ellas es un poco difícil sobre todo en el valle del Anchuelo, desde Los Hueros hasta Santorcaz. A veces estas formaciones pueden simular terrazas fluviales, como ocurre en toda la parte comprendida entre el cerro del Viso y el del Ecce-Homo.

Las terrazas fluviales están muy manifiestas y corresponden a los mismos niveles que se vienen señalando en toda la Europa occidental mediterránea y en la costa de Africa, que el profesor Depéret ha cronologado ya. Tan sólo la única que no se señala bien en toda la Hoja es la de los 30-40 metros, o *tirreniense*. Al NO. de Torrejón se presenta la *siciliense* hacia los 100 metros de la que se puede separar la planicie más alta de unos 120-150

sobre el Henares y el Jarama, que sería ya *pliocena*. Igualmente *siciliense* es la de la Granja de Mejorada, correspondiente al Jarama, así como al O. de Loeches. La terraza *milaciense*, o de 50-60 metros, se muestra muy clara a la derecha del Henares al NO. de Torrejón y a la izquierda en la carretera que desde este pueblo va a Mejorada; para el Jarama se presenta en Mejorada y continúa hasta el límite S. de la hoja en la carretera de Loeches a Arganda; en el valle del Pantueña probablemente corresponderá a ella la que forma las cumbres al N. de Loeches en la divisoria con el Henares. La *monastiriense*, o de los 10-20 metros, es la que está mejor conservada y más desarrollada; en el valle del Henares se extiende a la derecha desde Alcalá hasta la confluencia con el Jarama y sobre ella está el aeródromo y el pueblo de Torrejón, pudiendo incluirse en ella al Pleistoceno que señalamos al E. del soto de Aldovea; en el valle del Jarama aparece desde Mejorada, por Velilla, hasta el límite meridional de la hoja y también hacia San Fernando. En el valle del Pantueña se la ve muy bien representada a ambos lados del arroyo. Generalmente esta terraza es la que presenta los conglomerados más compactos, constituyendo bancos de roca muy dura.

Todas estas terrazas, parte de las formaciones de ladera y de las torrenciales antiguas, son las que indicamos en el mapa como *Pleistoceno*, Cuaternario antiguo o Diluvial.

Los lechos actuales de los ríos con sus cantos rodados, arenas, arcillas, légameos, etc., alcanzan bastante extensión en los valles principales contenidos en la Hoja, señalándolos como *Holoceno*, Cuaternario moderno o Aluvial. En él incluimos el llano de Alcalá que tan poca altura tiene sobre el río y que generalmente se inunda en las grandes crecidas.

## APÉNDICE

**Petrografía.**—Las rocas que forman la comarca comprendida en la Hoja de Alcalá son muy poco variadas. Todas son sedimentarias, generalmente poco coherentes excepto ciertos conglomerados, las calizas y las margas calcáreas del Ponticense. Predominan las arcillas, frecuentemente plásticas, arenas, areniscas y margas que integran casi por completo al Terciario.

**Mineralogía.**—Es siempre poco variada en el Terciario y en el que integra la Hoja de Alcalá aun lo es menos. La sílice al estado de tal, como sílex o pedernal y calcedonia, es rara. Las sales solubles tan sólo se presentan en eflorescencias que abundan en todo el horizonte arcilloso del Oligoceno, siendo principalmente de naturaleza magnésica como son las aguas purgantes de Loeches.

La anhidrita ha aparecido en gran abundancia en el sondeo de Alcalá.

El yeso es el mineral más importante y se presenta con bastante frecuencia. En las margas oligocenas, de Loeches a Ribas de Jarama, se muestra principalmente como resultado de la transformación de la anhidrita en forma de grandes nódulos sacaroideos, de cristales me-

nudos y bacilares y en capas de la misma naturaleza. Tiene entonces poca arcilla intercalada, constituye un buen material para la obtención de yeso de construcción y hasta para la escayola. A levante de Alcalá, en la base del Ecce-Homo (cueva de los Gigantones, barranco de la Raya, etc.) se presenta en cristales de diversos tamaños bastante mezclado con las margas y arcillas. Lo mismo ocurre con el yeso de los niveles superiores del Mioceno o sea el de las margas inferiores a las calizas de los páramos, que tanto abunda en las Pedrizas de Anchuelo, en Valverde, etc. En algunos casos puede presentarse al estado de algez en bancos blanquecinos de grano muy fino como en las canteras de Peña Bermeja (Los Santos de la Humosa) pero esto es muy raro.

**Canteras.**—Las arenas y arcillas del Oligoceno, especialmente las que se extienden desde el cerro del Viso hacia el Norte formando el escalón de la izquierda del Henares de color rojo oscuro, son en general materiales muy buenos para la industria tejera y alfarera. Abundan los barredos que se explotan en las cercanías del puente de Zulema.

Las arcillas del Pontiense son aún mejores para la alfarería, pero es más raro encontrarlas en cantidad suficiente que permita la explotación. Sin embargo, en Camporreal hay dos barredos importantes, uno a la entrada del pueblo por la carretera de Arganda y otro entre las carreteras de Carabaña y de Villar del Olmo.

Las arenas y areniscas apenas si tienen otra aplicación que en el caso anterior.

Las calizas en toda la altiplanicie del SO. son buenos materiales de construcción, sobre todo cuando se presentan compactas y poco cavernosas. Abundan las canteras

en donde labran buenos bloques para el encintado de carreteras, siendo raro el que puedan extraerse de tamaños mayores de un metro de longitud. Las principales canteras son las de Carabilla en Corpa, la del Puerto en Pozuelo del Rey y las que hay entre este pueblo y el de Loeches.

Los conglomerados, en especial los de las terrazas bajas cuaternarias cuando presentan los cantos sueltos, constituyen materiales muy buenos de construcción, para carreteras, etc., por ser en su mayoría de cuarcita. Son explotados intensamente entre la carretera de Camarmilla y la de Meco, en las cercanías de Alcalá, junto al Jarama, en las proximidades de la carretera y trinchera del ferrocarril, en Torrejón de Ardoz, etc.

**Prehistoria y Protohistoria.**—Creemos de interés el dar cuenta de una serie de yacimientos de industria humana primitiva que hemos descubierto al tiempo de hacer nuestros estudios geológicos. El conocido especialista Sr. Bosch Gimpera, a quien hemos consultado, ha tenido la bondad de indicarnos que la mayoría de los restos de cerámica encontrados pertenecen al Eneolítico.

Estos yacimientos son restos de poblados que unas veces se presentan en forma claramente de fondos de cabaña y otras, las más frecuentes, son fragmentos de cerámica esparcidos por el suelo y encontrados en las cumbres de los cerros cercanos a los ríos y a manantiales constantes y abundantes.

Fondos de cabaña hemos logrado verlos en número de cuatro en la trinchera del kilómetro 10 de la carretera de Ajalvir, labrados en el borde de la terraza monastiriense. La sección de cada uno es trapezoidal, tiene en el fondo restos de hogar, de cerámica, pedernales tallados y están rellenos de cantos rodados.

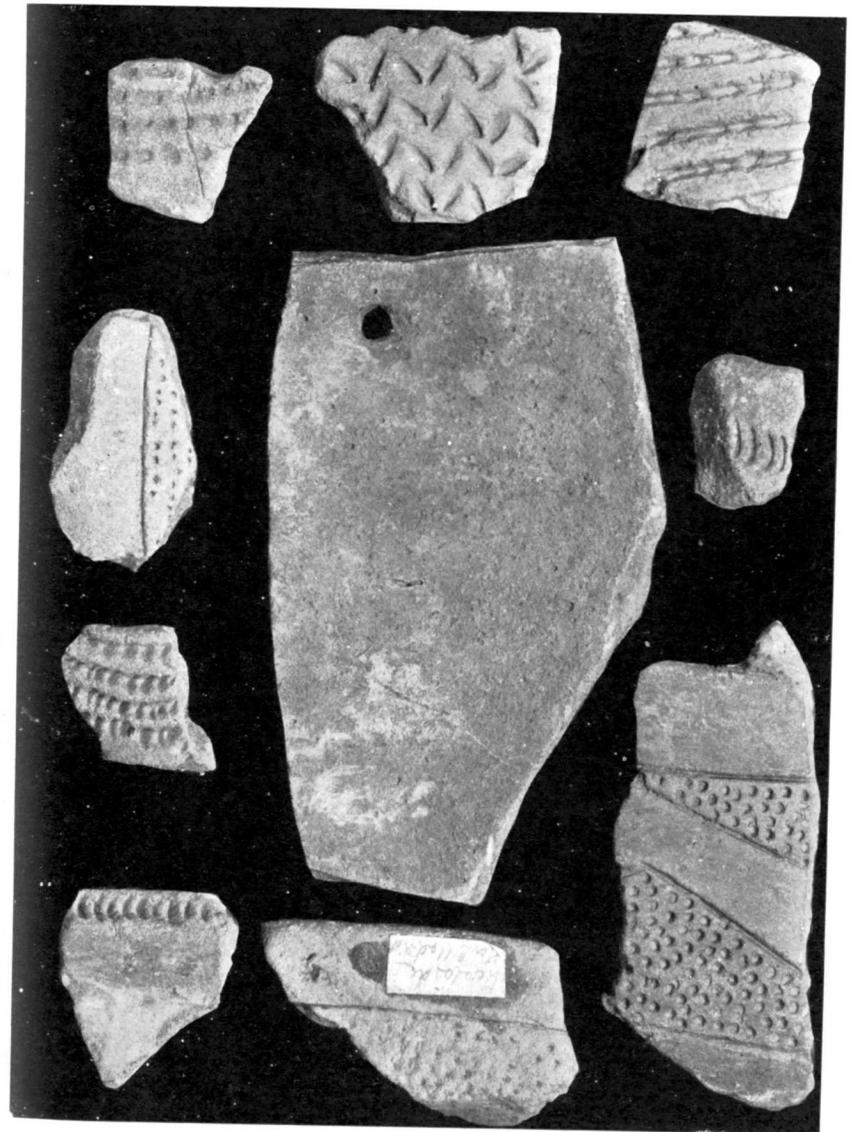
En la cumbre del Ecce-Homo, en Alcalá, abundan los restos de cerámica pertenecientes seguramente a varias edades (láminas XXVIII y XXIX). Los hay de barro arenoso negruzco, trabajados a mano sin torno, que parecen ser fragmentos de ollas, de cazuelas, de cuencos, etc., en cuyos bordes tienen adornos, en forma de incisiones, semejantes a los de la cerámica de Ciempozuelos, o hechos sencillamente con los dedos, por todo ello parecen ser eneolíticos. Revueltos con ellos se encuentran trozos de otra cerámica más fina labrada ya a torno, a veces hasta pulimentada, y pedazos de vidrio verdoso con pátina irisada que seguramente son ya protohistóricos y hasta quizás históricos.

En el cerro del Conde, en Alcalá, también hemos encontrado en su cumbre fragmentos de cerámica tosca.

En el cerro del Malvecino, cerca de Alcalá, en la cumbre y, sobre todo, en las laderas pero procedentes de aquélla, hemos podido recoger numerosos fragmentos de cerámica del tipo de Ciempozuelos, entre los cuales destaca un pedazo de borde de un cuenco con incisiones en el exterior (lámina XXIX) y en el interior (fig. 34). Parece ser de edad eneolítica, pero con ellos hay otros más modernos y una especie de moneda de cobre.

Al E. de este cerro y junto al barranco de la Raya hay otros cerros, camino ya de las canteras de yeso, en los que abunda más que la cerámica eneolítica (lámina XXX) otra de aspecto ibérico, de barro rojo labrado a torno y pintado en rojo exteriormente. Con ella hemos encontrado una figurita de barro, también rojo, de unos tres centímetros de alta, que figura un pájaro o gallo hecho con los dedos (lámina XXIX).

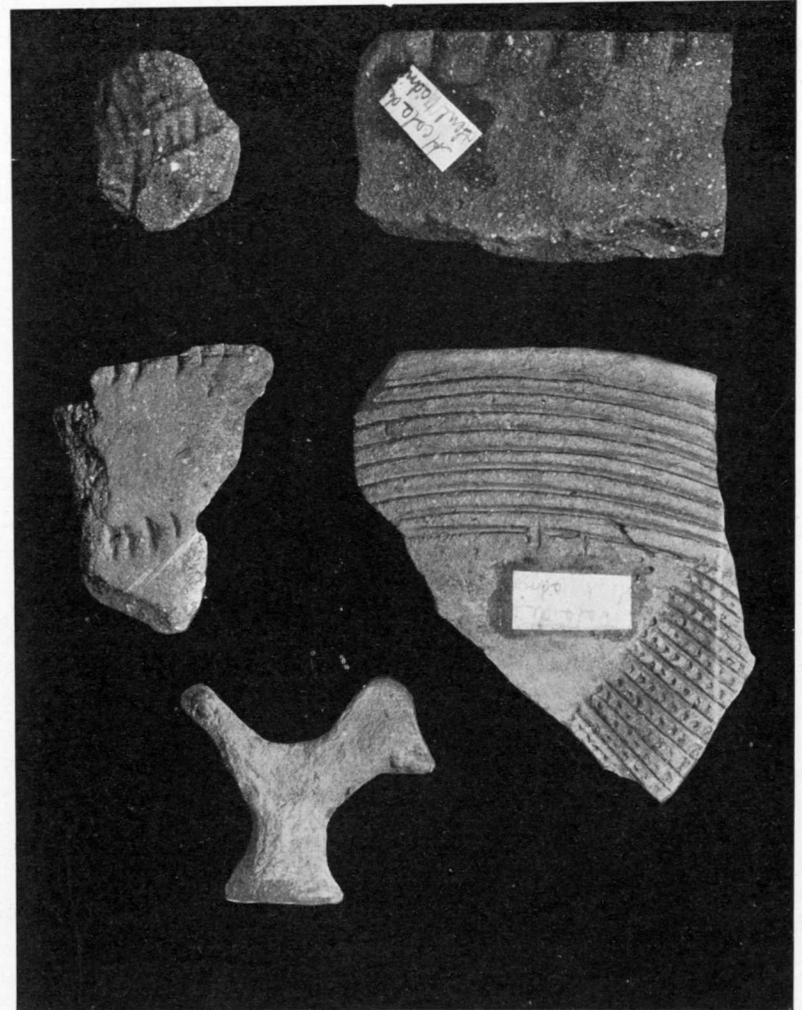
En el cerro del Viso, cuya cumbre es mayor que la del Ecce-Homo, hace ya unos años, encontró el profesor



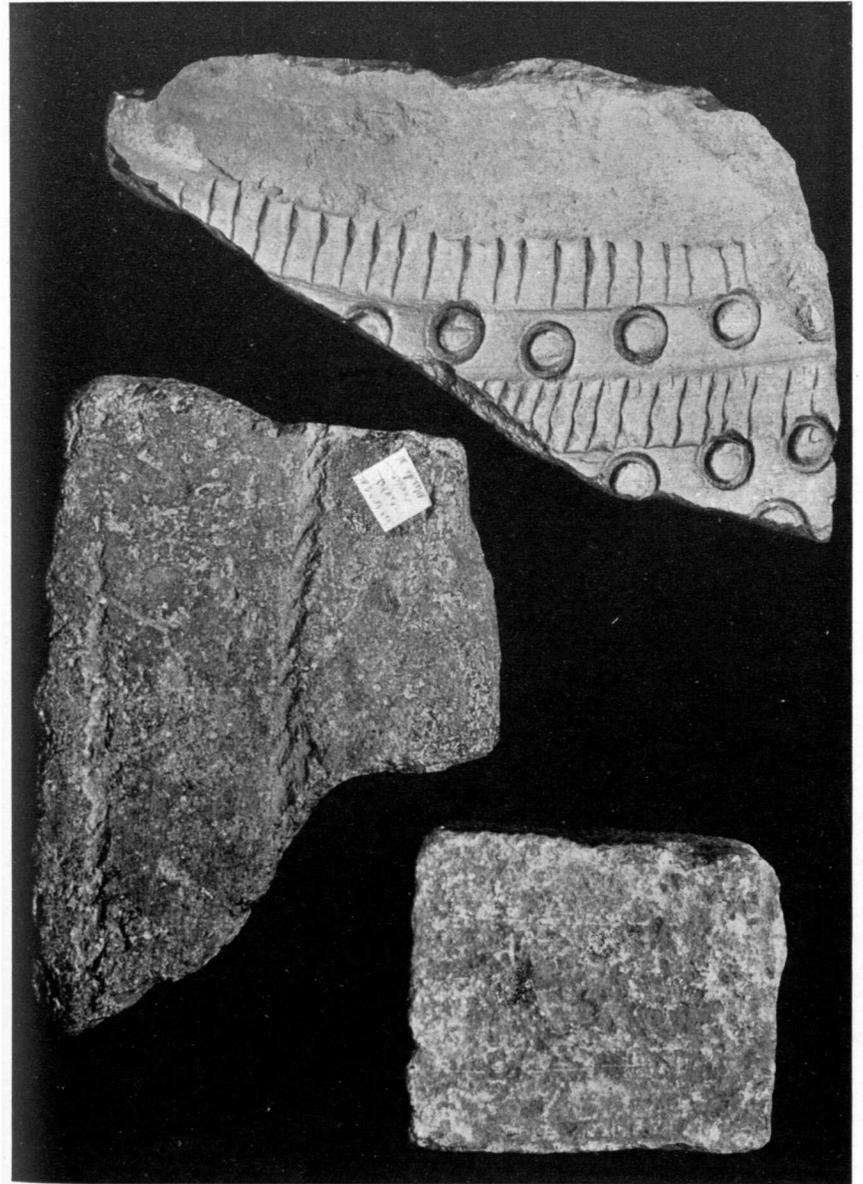
Cerámica de la cumbre del Ecce-Homo. Alcalá de Henares.

Tamaño natural.

Fot. J. Royo.



Restos de cerámica. (Los tres primeros son del Ecce-Homo, el cuarto del cerro de Malvecino y el quinto de junto al barranco de la Raya).  
Tamaño natural. *Fot. J. Royo.*



Restos de cerámica. (Del barranco de la Raya; del oeste de Loeches y del cerro del Viso). Algo reducidos de tamaño.

Hernández-Pacheco (1917), en el extremo SE. de aquella, fragmentos de sílex con señales de trabajo humano y restos de cerámica, que indicó como pertenecientes a alguna población prehistórica o ibérica que allí estaría emplazada. Actualmente, hemos podido comprobar que los restos de cerámica están esparcidos por toda la cumbre; en la trinchera del camino que conduce a la casa se los

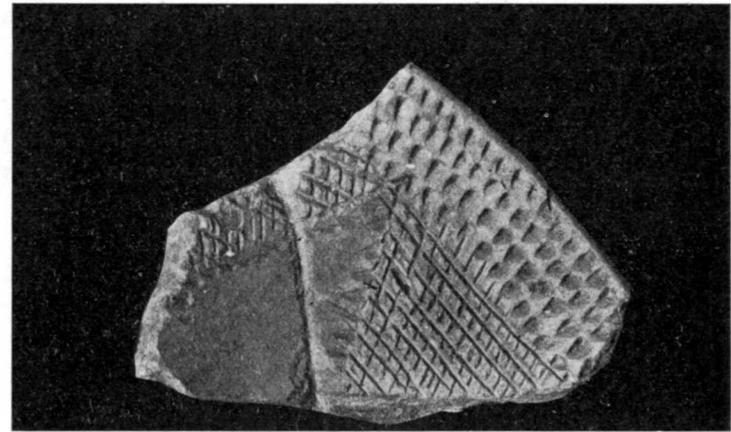


Fig. 34.—Parte interna de un fragmento de cuenco del cerro del Malvecino. Alcalá de Henares. Tamaño nat. Fot. J. Royo.

puede ver estratificados y unidos a restos óseos de cabra, cerdo, toro, etc. Entre ellos son frecuentes los fragmentos de grandes tinajas de borde revuelto, fabricadas a mano con barro arenoso, y unos ladrillos de barro rojo de 57 milímetros por 45 mm. por 23 mm. (*pondus* ?), que pudieran ser eneolíticos o de la edad del bronce (lámina XXX).

En la fuente de Pantueña, al E. de Corpa, en donde abundan los nódulos de sílex, también aparecen fragmentos de cerámica del tipo eneolítico.

La cumbre del cerro Hundido, a levante de Loeches, está materialmente cubierta por fragmentos de cerámica de aspecto, en su mayoría, más moderno que el de los anteriores que, quizás, pertenezcan ya a edades históricas. Abundan los de vasijas de gran tamaño y paredes gruesas al pronto parecidas a las del cerro del Viso.

En los cerros situados a poniente de Loeches, junto al camino de Velilla, hemos encontrado un fragmento grande de vasija con adornos hechos por presión con una cuerda (lámina XXX).

En las alturas sobre el Jarama aparecen también, al S. de Ribas, numerosos fragmentos de cerámica tosca de aspecto eneolítico y trozos de sílex que algunos de ellos quizás se pudieran tomar como labrados por el hombre.

JOSÉ ROYO Y GÓMEZ

LAUREANO MENÉNDEZ PUGET

27 de enero de 1928.

## ESTUDIO PALEONTOLÓGICO DE LA HOJA DE ALCALÁ

POR

JOSÉ ROYO Y GÓMEZ

Profesor del Museo Nacional de Ciencias Naturales.



Tallos de Ciperáceas del sondeo de Alcalá. Aumentados tres veces.

*Fot. J. Royo.*

## ESTUDIO PALEONTOLOGICO DE LA HOJA DE ALCALÁ

De toda la comarca comprendida en la Hoja de Alcalá tan sólo se habían citado como fósiles las *Testudo* del barranco de los Mártires, cercano a aquella población. En las numerosas excursiones que con el Sr. Menéndez Puget he hecho por aquel territorio hemos encontrado diversas especies fósiles, las cuales, unidas a las descubiertas en el sondeo que allí se ha efectuado, suman una cifra importante para un terreno como éste tan pobre en ellos.

### FÓSILES PALEÓGENOS

Han sido descubiertos en los testigos del sondeo de Alcalá de Henares y a las profundidades que se irán indicando en cada uno de ellos.

#### VEGETALES.

*Caráceas.*—Han aparecido numerosos oogonios y talos de tamaño pequeñísimo, pertenecientes a especies del género *Chara*, en las profundidades siguientes: 576 m., 577 m., 590 m., 594 m., 594,50 m., 600 m., 604,80 m., 608 m., 612,20 m. y 622 m. *Eoceno superior* a *Oligoceno inferior*.

*Fanerógamas*.—Impresiones de tallos, algunos lignificados, hojas y aun frutos que difícilmente admiten una determinación exacta. Pertenecen en su mayoría a Gimnospermas y Monocotiledóneas, con aspecto muchas veces de Ciperáceas (lámina XXXI). Corresponden a las profundidades siguientes: 594,50 m., 600 m., 608 m., 612,50 m., 622 m., 840 a 850 m. *Eoceno y Oligoceno inferior*.

#### MOLUSCOS.

Entre los 524 y 625 metros, así como entre los 840 y 850 m., aparecen frecuentemente los fragmentos y moldes de conchas de moluscos lacustres; de ellos he podido determinar los que a continuación se indican:

*Valvata* sp.—Con duda refiero a este género unas conchas pequeñas que tienen la forma propia de él. En los 604,80 m., en los 612,20 m. y en los 624,50 m. *Eoceno superior*.

*Hydrobia* sp.—Conchas de espira alargada aparecidas en diversas profundidades: 525 m., 620 m., 622 m. y 624,50 m. *Eoceno superior a Oligoceno inferior*.

*Lymnaea* sp.—Restos indeterminables específicamente a los 524 m. y 720 m. *Oligoceno inferior*.

*Lymnaea acuminata acuminata* (Brongn.).—Especie bien caracterizada por su ápice agudo y últimas vueltas muy convexas; está bien representada en el sondeo. En España había sido citada con anterioridad por los señores Cortázar y Mallada, pero erróneamente, como ya indico en mi Memoria sobre el Mioceno (1922). Aquí ha aparecido a los 590 m., 594 m., 600 m. y 624,50 m. *Eoceno superior a Oligoceno inferior*?

*Galba aquensis michelini* (Deshayes)? (= *Lymnaea michelini* Desh.).—Conchas que, aunque algo deformadas,

parecen corresponder a esta especie que ya ha sido citada de Santo Domingo de Silos (Burgos). 840 a 850 metros. *Eoceno medio*.

*Planorbina pseudoammonius castrensis* (Noulet) (= *Planorbis Castrensis* Noul.).—Forma parecida a *Pl. pseudoammonius* típico pero de crecimiento más rápido y vueltas algo más ensanchadas. Se ha encontrado también en Santo Domingo de Silos (Burgos). 840 a 850 metros. *Eoceno medio*.

*Planorbis* sp.—Fragmentos de concha que pudieran pertenecer a la especie que a continuación se indica. 524 metros y 525 m. *Oligoceno inferior*.

*Coretus cornu cornu* (Brongn.) (= *Planorbis cornu* Brongn.).—Sus ejemplares abundan en algunos niveles. Esta especie también se ha citado por el Sr. Cortázar, pero confundiendo con ella al *C. thiollierei* (véase mi Memoria, 1922). 590 metros, 594 m., 600 m., 620 m. y 624,50 m. *Eoceno superior a Oligoceno inferior*.

*Gyraulus (Gyraulus) polycymus* (Font.) (= *Planorbis polycymus* Font.).—Especie de pequeño tamaño, subaquillada inferiormente. Ha sido encontrada también en el Oligoceno de la provincia de Lérida. A los 590 metros, 594 m. y 600 m. *Eoceno superior a Oligoceno inferior*.

#### CRUSTÁCEOS.

*Cypris* sp.—Correspondientes a especies pequeñísimas existen numerosos caparazones a 577 m., 594,50 m., 600 m., 608 m. y 622 m. *Eoceno superior a Oligoceno inferior*.

#### PECES.

*Leuciscus kindelani* sp. nov. — Los principales restos consisten en dientes faríngeos, que son de tamaño verdaderamente pequeño (un milímetro de longitud en los intermedios o sea en los mayores), indicando que los

individuos tendrían tan sólo unos centímetros de longitud. Los dientes anteriores son casi esféricos o cónico ganchudos (3 y 4 de la fig. 35); los intermedios son muy robustos, ganchudos y con tres o cuatro denticulaciones hacia la base de su bisel (1 de la fig. 35 y lámina XXXVI, fig. 3) y los posteriores son delgados, muy ganchudos, con fuertes denticulaciones y muy inclinados hacia detrás

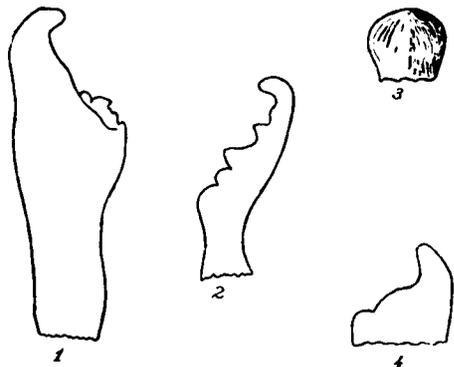


Fig. 35.—Dientes faríngeos de *Leuciscus kindelani* Royo, muy aumentados.

(3 de la fig. 35 y lámina XXXVI, fig. 2). Los acompañan huesecillos, algunos pertenecientes al cráneo, cuya pequeñez dificulta su preparación y estudio pero confirma lo diminutos que serían estos peces.

Los dientes faríngeos tienen en conjunto grandes analogías con los de *L. pachecoi* Royo; pero son de dos a tres veces más pequeños y la forma varía algo, por haber anteriores esféricos, y ser los posteriores muy inclinados hacia detrás. No tengo noticia de que se haya encontrado este género en terrenos de esta edad.

Dedico esta especie a D. Vicente Kindelán que ha

puesto a mi disposición todos los testigos que contenían fósiles con el fin de que los estudiara.

Los niveles a que aparecen, son: 590 metros, 594 m., 594,50 m., 600 m., 620 y 624,50 m. Probablemente pertenecerán también a ella los fragmentos de huesos que he visto a 524 metros. A 840-850 m. hay dientes faríngeos que parecen ser igualmente de esta especie. *Eoceno* a *Oligoceno inferior*.

## FÓSILES MIÓCENOS

### MOLUSCOS.

*Unio* sp.—Moldes internos, de forma alargada, de unos cuatro centímetros de longitud, que por ahora no admiten una determinación exacta. Margas yesíferas de la cañada de Valdibáñez, en Anchuelo. *Sarmatiense* a *Pontiense*.

*Valvata (Cincinna) schlosseri* Royo. (1922.—*Valvata Schlosseri* Royo, «Mioc. cont. y su Fauna malac.», página 96, fig. 19, lám. XI, figs. 17-20 c.)

Moldes internos que corresponden exactamente a esta especie que he encontrado ya en otras localidades de esta cuenca. Fuente de Pantueña en Corpa y Canteras de Carabilla entre Corpa y Villalbilla. *Pontiense*.

*Bythinia* aff. *tentaculata* Lineo. (1922.—*Bythinia gracilis* Royo, «Mioc. Cont. y su Fauna malac.», pág. 99, figura 20, lám. XII, figs. 7, 8 y 28-29.)

Esta especie, tan abundante en todo el *Pontiense* español, la consideré como *B. gracilis* fiado de las figuras y descripciones que de esta forma se daban, pero posteriormente he tenido ocasión de comparar mis ejemplares con los originales de esa especie en las colecciones extran-

teras y he comprobado que son totalmente distintas. La especie española tiene afinidades con la *B. leberonensis* var. *veneriae* Font., pero es aún más parecida a la *B. tentaculata* actual, sobre todo los ejemplares de las cuencas del Tajo y del Duero. Aquí la hemos encontrado en conchas y en moldes en Cabezuelo, cerca de Valverde; al E. de Olmeda de la Cebolla; en las canteras de Carabilla, entre Corpa y Villalbilla; en la fuente de Pantueña, en Corpa; en Camporreal. *Pontiense*.

*Hydrobia schlosseri* sp. nov. (1922.—*Hydrobia dubia* Royo, «Mioc. Cont. y su Fauna malac.», pág. 101, figura 21, lám. XII, figs. 13-14.)

Esta especie creada por Schlosser como *H. dubia* debe dársele nuevo nombre, como ya indico en la parte general de esta cuenca (pág. 53) a causa de que se ha empleado con anterioridad para otra forma del Neógeno de Canama (Brasil), por Etheridge (Quart. Journ. Geol. Soc. London, XXXV, pág. 86, lám. VII, fig. 11). Se la dedico a dicho investigador que fué el primero en describirla. Aquí se encuentra en moldes bien caracterizados en la fuente de Pantueña, cercana a Corpa y en las canteras de Carabilla, entre Corpa y Villalbilla. *Pontiense*.

*Melanopsis kleini valentinensis* Fontannes. (1922.—*Melanopsis kleini*, Royo, «Mioc. Cont. y su Fauna malac.», pág. 106, fig. 25, lám. XIII, figs. 9-11.)

Los ejemplares españoles son de mayor tamaño que los del valle del Ródano, como he podido comprobar por comparación y se asemejan además mucho a *M. loevigatus* viviente. Aparecen aquí en moldes externos e internos bien caracterizados en Cabezuelo, cerca de Valverde; cantera de Carabilla y fuente de Pantueña, en Corpa. Probablemente pertenecerán a esta especie los moldes internos de *Melanopsis* que hemos encontrado en la par-

te superior de las margas yesíferas de la Cañada de Valdibáñez, en Anchuelo (lám. XXXII). *Pontiense* y *Sarmatiense*.

*Carychium pachychilus* Sandberger. (1922.—*Carychium pachychilum*, Royo, «Mioc. Cont. y su Fauna malac.», página 110, fig. 28, lám. XI, fig. 8.)

Especie bien caracterizada por su forma general y sobre todo por la posición y número de los dientes de su abertura. Conchas en un barredo de Camporreal. *Pontiense*.

*Galba* aff. *palustris* Lin. (1922.—*Limnaea bouilleti*, Royo, «Mioc. Cont. y su Fauna malac.», pág. 112, pars.)

En el precitado estudio incluí, por su parecido, en la especie *L. bouilleti* unos moldes del valle del Tajuña y unas conchas fragmentadas de la Hontanilla de Tarancón (Cuenca), pero posteriormente he encontrado buenos ejemplares que me han permitido reconocerlos como especie distinta a aquella y muy semejante a la *G. palustris* actual, por lo cual ahora los separo. He encontrado buenos moldes en las canteras de Corpa y de Carabilla (lámina XXXII), en la fuente de Pantueña, cercana a Corpa; en Olmeda de la Cebolla y en Cabezuelo, cerca de Valverde (lám. XXXIII); de fuera de la Hoja de Alcalá poseo buenas conchas de la Hontanilla, en Tarancón (Cuenca) y de Pastrana (Guadalajara). *Pontiense*.

*Paraspira* (*Paraspira*) *matheroni* (Fischer et Tournouer). (1922.—*Planorbis* (*Anisus*) *matheroni*, Royo, «Mioc. Cont. y su Fauna malac.», pág. 121, figs. 34 y 35, lám. XII, figs. 22-23 y lám. XIII, fig. 1; 1924.—*Paraspira* (*Paraspira*) *matheroni*, Wenz, «Fossilium catalogus, Gastrop. tert.», V., pág. 1.536.)

Moldes externos muy bien caracterizados en la fuente de Pantueña, cerca de Corpa. *Pontiense*.

*Coretus thiollierei* (Michaud). (1922.—*Planorbis thio-*

*llierei*, Royo, «Mioc. Cont. y su Fauna malac.», pág. 127, fig. 37, lám. XI, figs. 1-5; lám. XII, fig. 18; lám. XIII, figs. 3-5; 1924.—*Coretus thiollierei*, Wenz, «Foss. Cat., Gastrop. tert.», V., pág. 1.477).

Es una de las especies más abundantes y más frecuentes en todo el Pontiense ibérico; si no muestra su concha, se presenta por lo menos en moldes externos e internos, muy fáciles de reconocer. En la cuenca del Tajo es en donde alcanzan los mayores tamaños, ya que pueden tener hasta 40 mm. de diámetro.

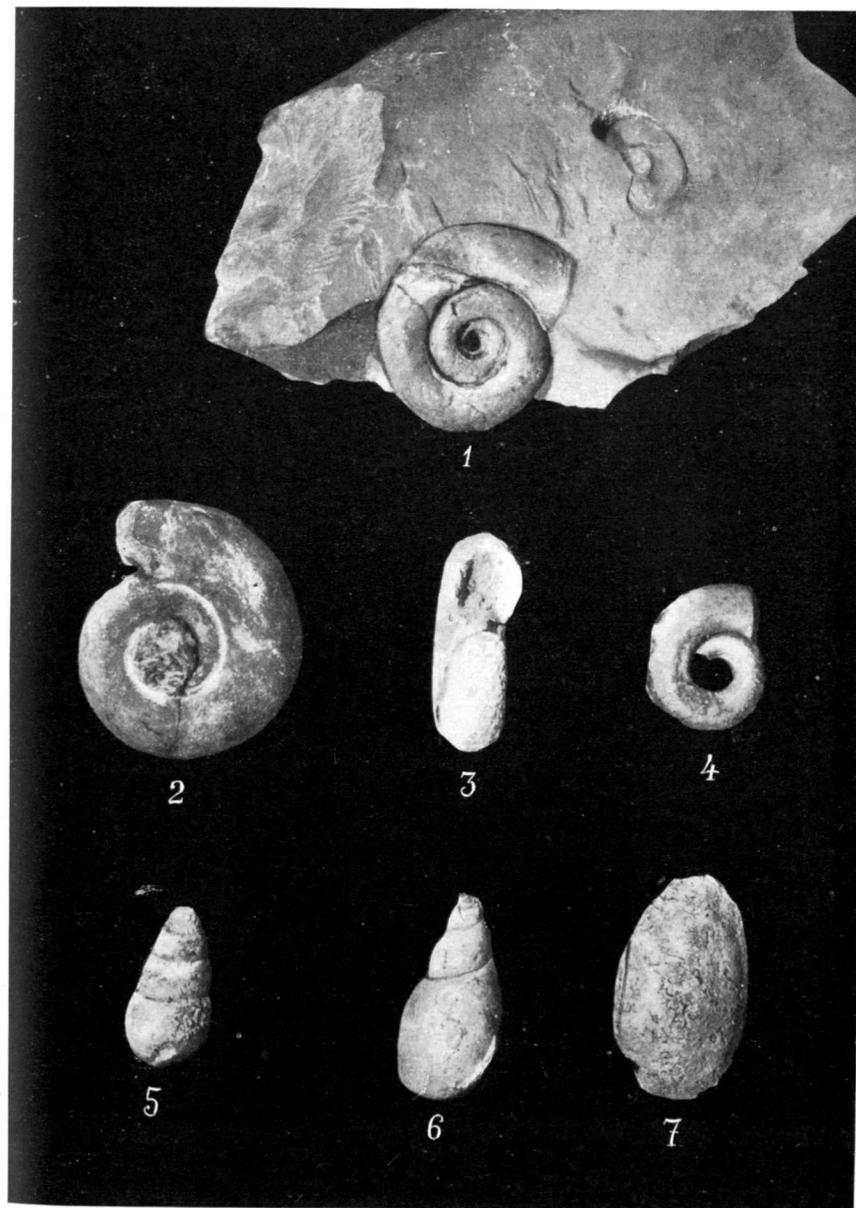
Hemos encontrado excelentes ejemplares en la fuente de Pantueña y en las canteras de Carabilla (lámina XXXII), en Corpa; en Olmeda de la Cebolla (lámina XXXII) y en Cabezuelo, cerca de Valverde. En general, puede decirse que aparece allá en donde haya buenas calizas de los páramos. *Pontiense*.

*Poiretia (Palaeoglandina) gracilis aquensis* (Matheron). (1922.—*Glandina aquensis*, Royo, «Mioc. Cont. y su Fauna malac.», pág. 136, fig. 42, lám. XII, figs. 16-17; 1923.—*Poiretia (Palaeoglandina) gracilis aquensis*, Wenz, «Foss. Cat., Gastrop. tert.», III, pág. 844).

El molde externo de una porción de la última vuelta de espira, el cual muestra las costillas y los caracteres típicos de esta especie. Cantera del Puerto, en Pozuelo del Rey. *Pontiense*.

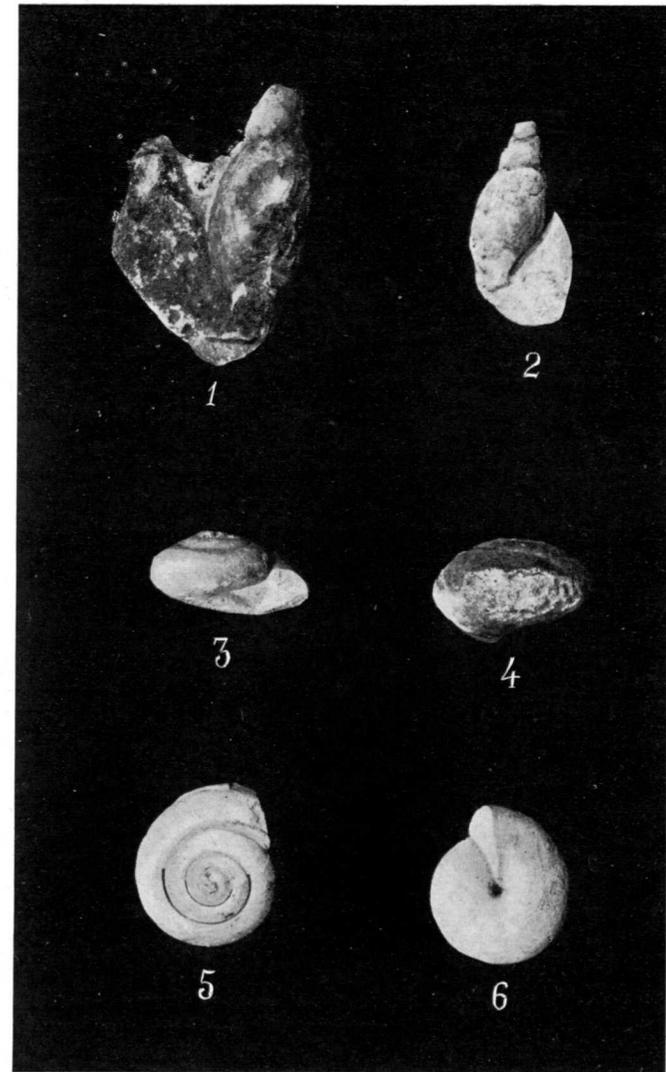
*Helix* sp.—De forma parecida a un ejemplar que encontré en el Pontiense de Cendejas de la Torre (Guadalajara, 1927), han aparecido ahora varios moldes en las calizas del cerro del Viso, en Alcalá. *Pontiense*.

*Cepaea christoli* (Matheron). (1922.—*Helix christoli*, Royo, «Mioc. Cont. y su Fauna malac.», pág. 138, lámina XIII, fig. 12; 1923.—*Cepaea christoli*, Wenz, «Foss. Cat., Gastrop. tert.», II, pág. 610.)



Moluscos miocenos: 1 a 4, *Coretus thiollierei*; 5, *Melanopsis* sp.; 6, *Galba* aff. *palustris*; 7, *Unio* sp.

Fot. J. Royo.

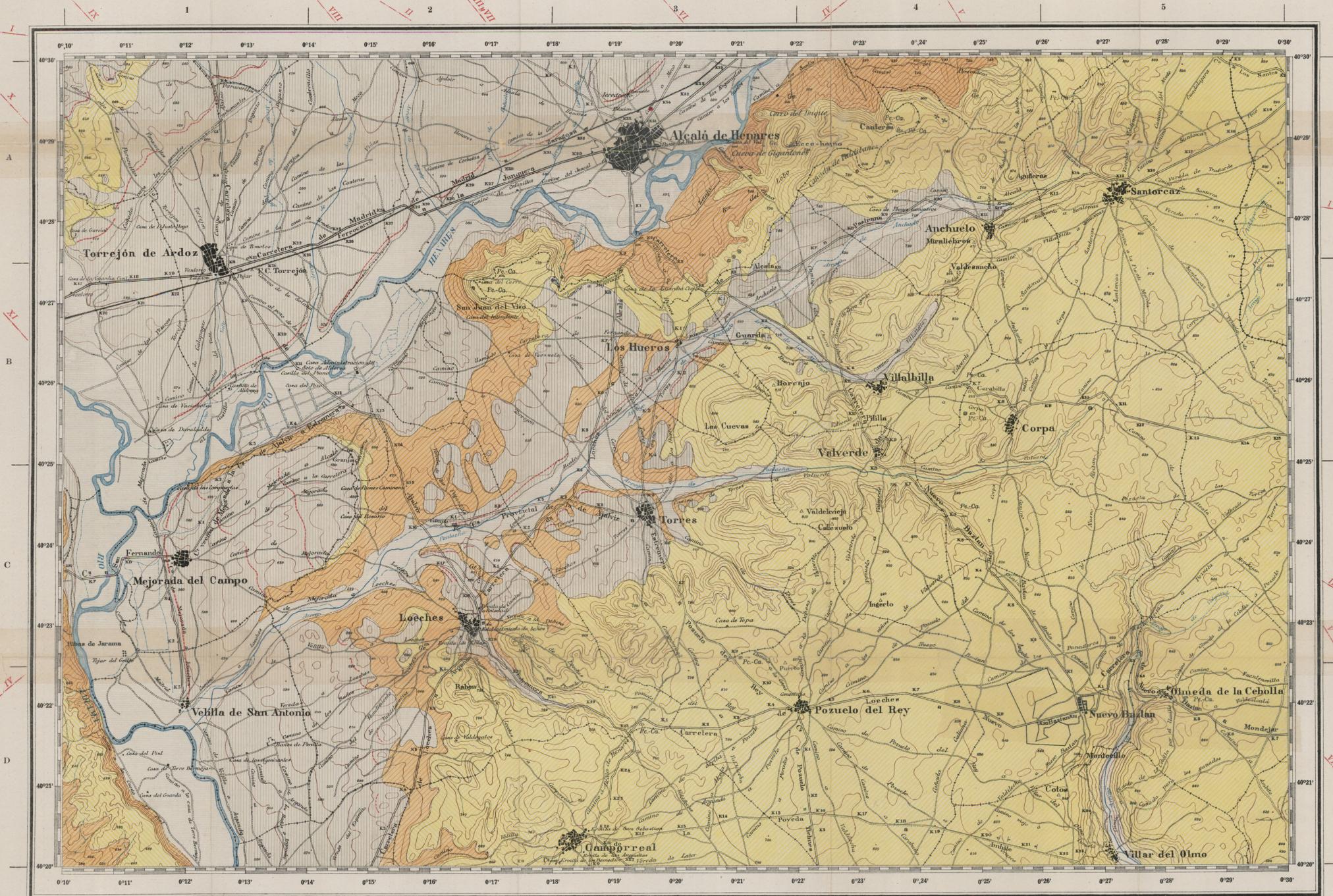


Moluscos pontienses: 1 y 2, *Galba* aff. *palustris*; 3 a 6, *Hemicycla* *gualinoi*.

Fot. J. Royo.

ALCALÁ DE HENARES.

534 535 536  
559 560 561  
582 583 584



EXPLICACIÓN

- |                          |  |                         |
|--------------------------|--|-------------------------|
| Holoceno                 |  | Aluvial                 |
| Pleistoceno              |  | Diluvial                |
| Pontense                 |  | Mioceno                 |
| Tortonense y Sarmatiense |  |                         |
| Paleogeno                |  | Oligoceno               |
|                          |  | Borde de terraza        |
|                          |  | Buzamiento de las capas |
|                          |  | Nidos de fosiles        |
| Canteras                 |  | Te.—Tijar               |
|                          |  | Pe.—Piedra              |
|                          |  | Ca.—Caliza              |
|                          |  | Ge.—Yeso                |
|                          |  | Sondeo                  |

La topografía está tomada de los planos del Instituto Geográfico y Catastral.

Tip.-Lit. Coullaut.—María de Molina, 106, Madrid  
Escala de  $\frac{1}{50000}$   
Metros 1000 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Kilometros

Las altitudes se refieren al nivel medio del Mediterráneo en Alicante

Formado y publicado por el Instituto Geológico y Minero de España bajo la Dirección del Excmo Sr. D. Luis de la Peña. Año 1878.

# SONDEO DE ALCALÁ DE HENARES

1927-1928

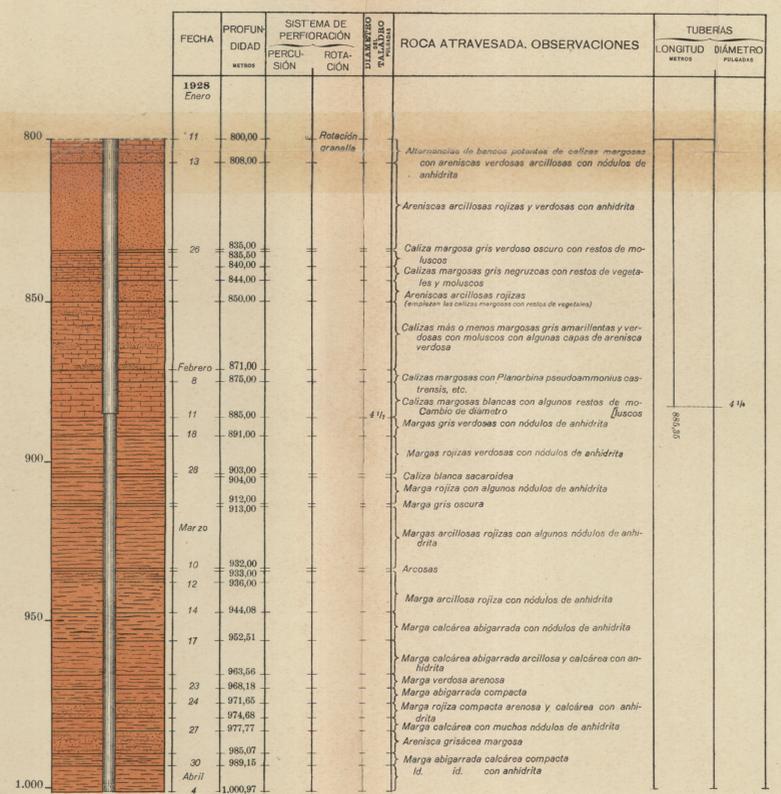
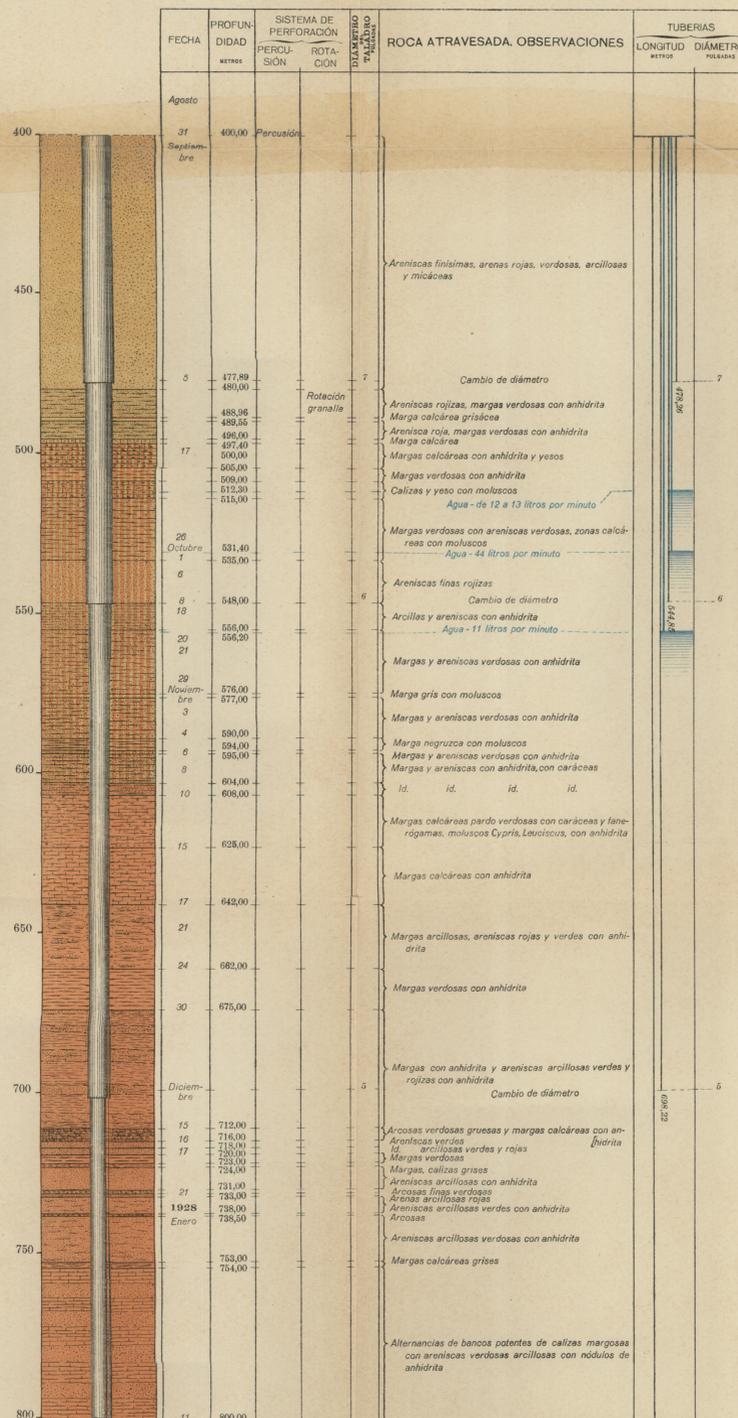
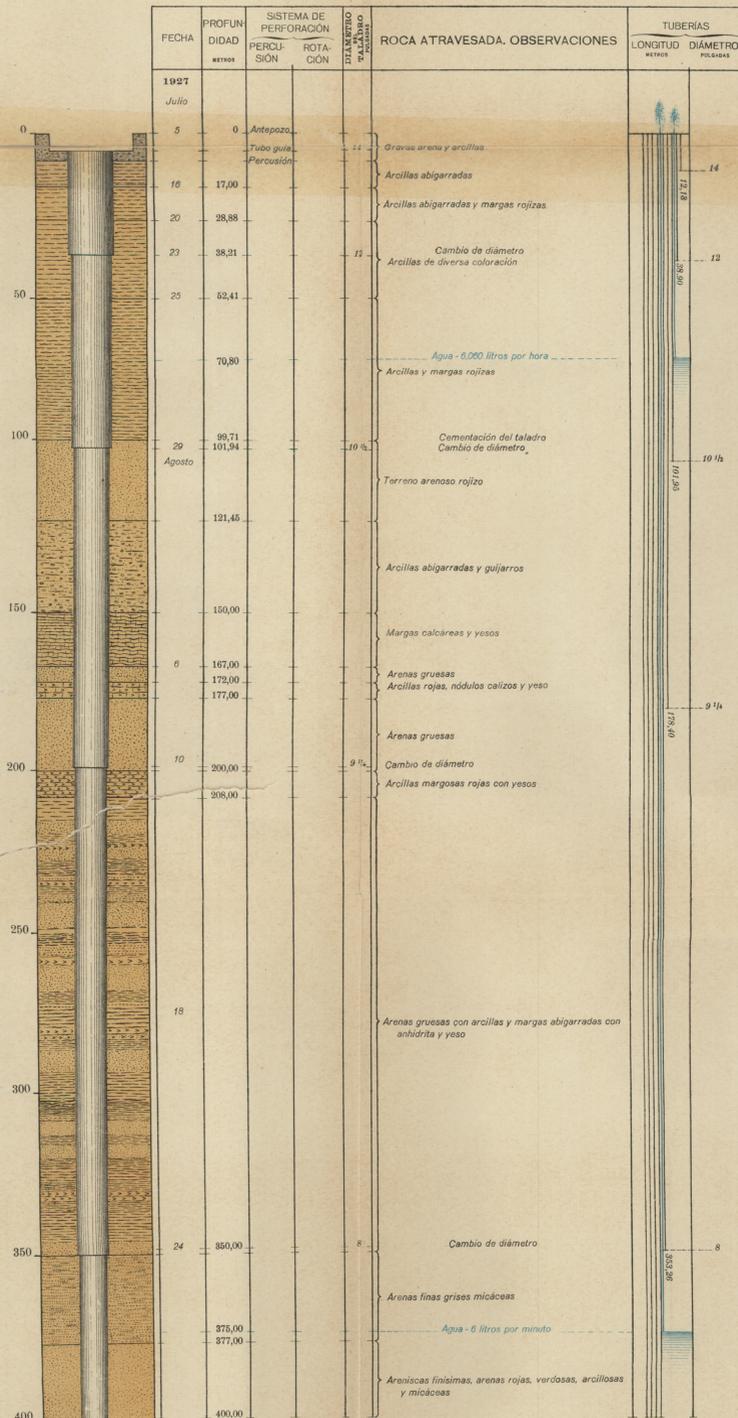
## ESCALAS

Para diámetros del taladro... 1 m/m. = 1 pulgada  
Para profundidades... 1 m/m. = 1 metro

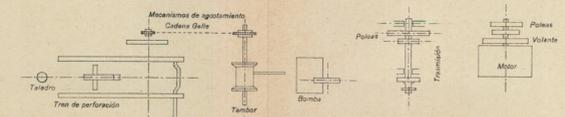
### NIVELES FOSILÍFEROS DEL SONDEO DE ALCALÁ Y ESPECIES QUE CONTIENEN

- 524 m.—Marga verdosa con fragmentos de conchas de *Lymnaea* y *Planorbis* y huesos de Peces (*Leuciscus kindelani* Royo).
- 525 m.—Marga calcárea negruzca y fétila, con anhidrita que contiene fragmentos de conchas de *Planorbis*, *Hydrobia* y otros moluscos indeterminables.
- 577 m.—Caliza margosa grisácea y fétila con abundancia de talos y oogonios de *Caráceas* y caparazones de *Cypris*.
- 590 m.—Marga calcárea negruzca y fétila con *Lymnaea acuminata* (Brongn.), *Coretus cornu* (Brongn.), *Gyraulus polyemus* (Font.), *Leuciscus kindelani* Royo y *Caráceas*. Este nivel puede corresponder al Oligoceno inferior o al Eoceno superior.
- 594 m.—Marga calcárea negruzca y fétila con los mismos fósiles que en el anterior nivel.
- 594,50 m.—Margas pizarrosas negruzcas con talos y oogonios de *Caráceas*, hojas de *Monocotiledóneas*, tallos de *Ciperáceas*, caparazones de *Cypris* y restos de Peces (*Leuciscus kindelani* Royo).
- 600 m.—Marga calcárea grisácea y fétila con los mismos fósiles que el nivel de 590 metros, mas caparazones de *Cypris*.
- Margas negruzcas calcáreas algo pizarrosas con restos de vegetales, principalmente hojas y frutos de *Fanerógamas*.

- 604,80 m.—Marga calcárea gris pardusca y fétila con abundancia de talos y oogonios de *Caráceas* y alguna concha de *Valvata*?
- 612,20 m.—Marga igual a la anterior y con los mismos fósiles.
- 620 m.—Marga calcárea gris negruzca y fétila con conchas de *Coretus cornu* (Brongn.), *Gyraulus*, *Lymnaea* e *Hydrobia*, dientes faríngeos y restos de *Leuciscus kindelani* Royo.
- 622 m.—Marga calcárea gris verdosa claro y fétila con oogonios y talos de *Caráceas*, caparazones de *Cypris* y restos de Peces (*Leuciscus kindelani* Royo).
- Marga calcárea gris negruzca con restos lignificados de *Fanerógamas* y conchas de moluscos (*Gyraulus*, *Hydrobia*, etc.).
- 624,50 m.—Calizas margosas gris negruzcas fétilas con *Coretus cornu* (Brongn.), *Gyraulus*, *Lymnaea acuminata* (Brongn.), *Hydrobia*?, *Valvata*? y restos de *Leuciscus kindelani* Royo.
- 840 a 885 m.—Calizas margosas fétilas gris negruzcas con restos de vegetales (*Fanerógamas*) y restos de moluscos tales como *Planorbina pseudomonius castrensis* Noulé y *Galba agnensis michelini* (Deshayes)? Además un diente faríngeo y otros restos de *Leuciscus kindelani* Royo?



### ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN DEL SONDEO DE ALCALÁ DE HENARES



### EXPLICACIÓN

- Aluvial
- Oligoceno
- Tránsito indeterminado del Oligoceno al Eoceno
- Eoceno

Hemos encontrado varios moldes y sobre todo una concha en que la forma y las esculturas rugosas de la última vuelta permiten el incluirlos en esta especie sin género de dudas. Ha aparecido en las canteras de Carabilla, en Corpa (lám. XXIII); en Cabezuelo, cerca de Valverde, y en el barredo de Camporreal. *Pontiense*.

*Hemicycla gualinoi* (Michaud). (1922.—*Helix Gualinoi*, Royo, «Mioc. Cont. y su Fauna malac.», pág. 141, figura 44, lám. XII, figs. 26 y 27; 1923.—*Hemicycla gualinoi*, Wenz, «Foss. Cat., Gastrop. tert.», II, página 580).

Esta especie cuyos moldes internos se reconocen tan bien por la suave quilla externa que siempre muestran, abundan tanto como el *Coretus thiollierei*. No sólo hemos encontrado moldes internos, sino también externos que muestran la escultura chagrinada tan típica y fragmentos de concha igualmente característicos. Cabezuelo, cerca de Valverde; canteras de Carabilla, cerca de Corpa; Olmeda de la Cebolla; cantera del Puerto, en Pozuelo del Rey; barredo de Camporreal. *Pontiense*.

*Patula wenzi* sp. nov. (1922.—*Helix (Patula) supracostata* var. nov. Royo, «Mioc. Cont. y su Fauna malac.», pág. 144, fig. 47, lám. XI, fig. 13).

Algunos ejemplares que poseía de esta especie procedentes de Concud y alrededores de Teruel, los creí en un principio como una simple variedad de *P. supracostata* Sandberger; pero el estudio comparativo que he podido hacer en las colecciones extranjeras me ha permitido comprobar que en realidad se trata de una especie distinta y nueva. La descripción que ya hice de ella puede servir bien, teniendo en cuenta que siempre es más cónica, más alta y de mayor tamaño que la *P. supracostata*. He encontrado buenos moldes internos y externos en Cabe-

zuelo, cerca de Valverde, y en las canteras de Carabilla, cercanas a Corpa. *Pontiense*.

*Strobilops?* sp.—En las canteras de Carabilla, cercanas a Corpa, he hallado unos moldes internos y externos de tamaño pequeñísimo que por su forma y dimensiones parecen pertenecer a este género, siendo muy semejantes a *St. tiarula* del *Pontiense* de Leobersdorf. Este género no se ha citado aún de la Península ibérica. *Pontiense*.

*Gastrocopta (Albinula) acuminata larteti* Dupuy, (1922. *Vertigo larteti*, Royo, «Mioc. Cont. y su Fauna malac.» página 147, fig. 49; 1923.—*Gastrocopta (Albinula) acuminata larteti*, Wenz, «Foss. Cat., Gastrop. tert.» III, pág. 919.

Numerosas conchas de esta elegante especie en un barredo de Camporreal. *Pontiense*.

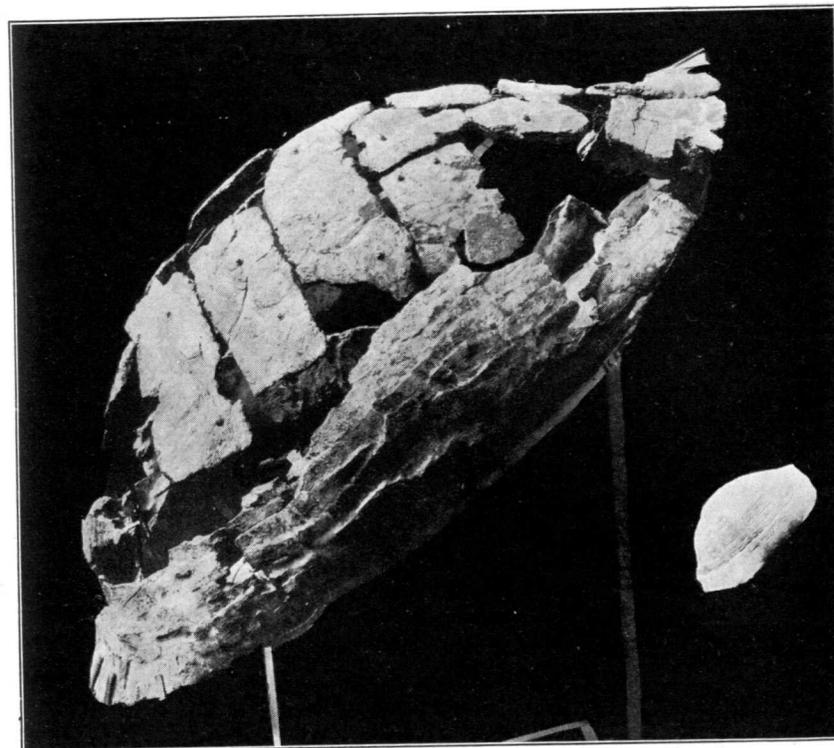
*Succinea (Amphibina) primaeva* Matheron. (1922.—*Succinea primaeva*, Royo, «Mioc. Cont. y su Fauna malac.», pág. 150, fig. 51; 1923.—*Succinea (Amphibina) primaeva*, Wenz., «Foss. Cat., Gastrop. tert.», III, pág. 896).

Moldes internos muy bien caracterizados por su forma los he logrado encontrar en las calizas de los páramos al E. de Olmeda de la Cebolla. *Pontiense*.

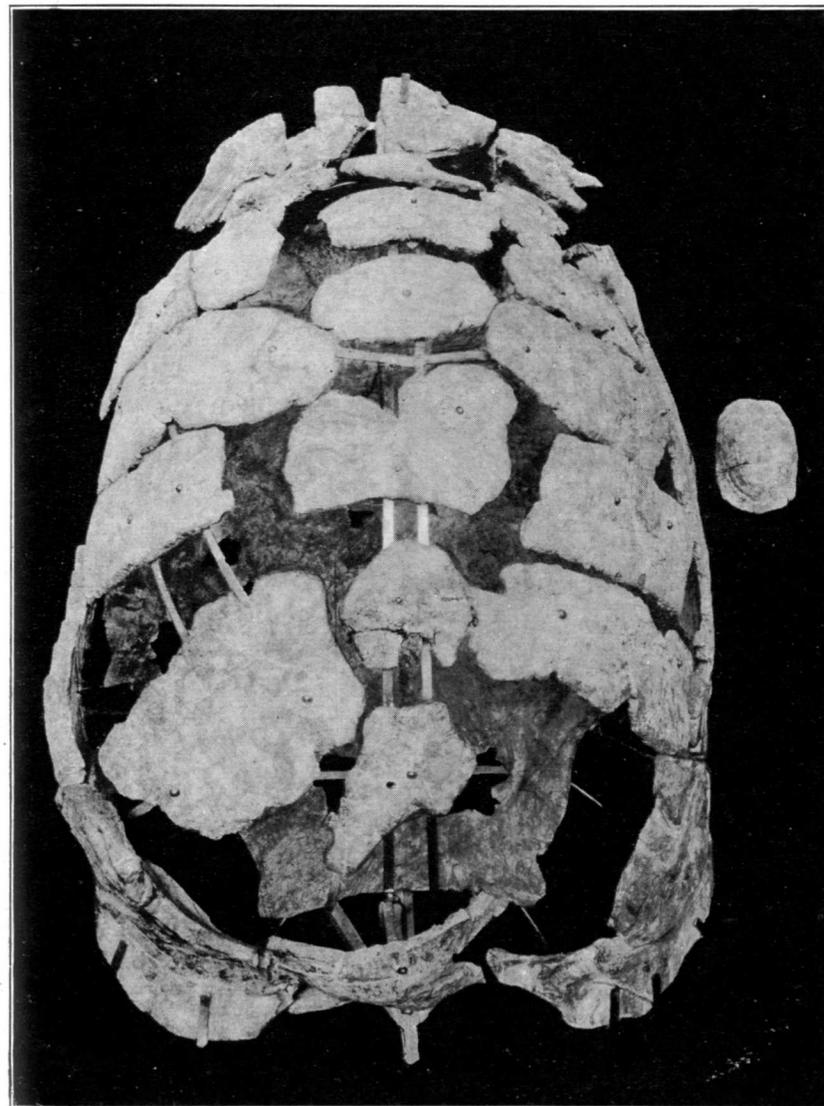
#### REPTILES.

*Testudo bolivari* Hernández-Pacheco (E.). (1917.—*Testudo*, E. Hernández-Pacheco, «Boletín de la R. Sociedad Esp. de Historia Natural», t. XVII, págs. 194-202. Madrid; 1917.—*Testudo bolivari*, E. Hernández-Pacheco, «Asoc. Esp. Progr. Cienc.», Congreso de Sevilla, t. II. Madrid).

Tortugas terrestres de gran tamaño, de aspecto parecido a la actual *Testudo iberica*, pero mucho mayor puesto que su caparazón alcanza cerca de metro y medio de largo,



Caparazón de una de las tortugas, *Testudo bolivari* Hern.=Pach., del cerro del Viso, Alcalá de Henares, procedente de las excavaciones dirigidas por E. Hernández-Pacheco en 1917 y conservado en la sala de Paleontología española del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Visto de perfil y reducido unas diez veces; al lado, el caparazón de uno de los mayores ejemplares de la especie viviente *Testudo iberica* para comparar los tamaños. (Fotografía cedida por el señor Hernández-Pacheco).



Caparazón de *Testudo bolivari* Hern.=Pach. procedente del Mioceno de Alcalá de Henares, visto por la parte superior y correspondiente al mismo ejemplar que el representado en la lámina XXXIV. Reducido unas diez veces. (Fotografía cedida por el señor Hernández=Pacheco).

por medio de alto (láms. XXXIV y XXXV). Lo más frecuente es encontrar fragmentos de caparazón que van acompañados a veces de huesos de las extremidades y vértebras.

En la Geología general de la cuenca del Tajo he hecho ya su historial, por lo que aquí me voy a referir exclusivamente a los yacimientos de Alcalá.

El profesor Hernández-Pacheco (1927) fué el primero en descubrirlas en el barranco de los Mártires, en la ladera NE. del cerro del Viso, y ha publicado las dos noticias anteriormente indicadas, de las cuales tomo los siguientes párrafos, que dan perfecta idea de los hallazgos y estudios que entonces se hicieron.

«Hace poco tiempo, con motivo de una excursión geológica que realicé al Mioceno de Alcalá de Henares con algunos alumnos de la Universidad, descubrí en la parte alta del barranco que llaman de los Mártires, junto al cerro del Viso, parte de otra gran *Testudo* que aparecía en el talud del barranco incluida en la capa superior de marga verdosa clara de las dos que existen separadas por otra de arena. Acompañado del ayudante del Laboratorio de Geología del Museo de Madrid Sr. Royo Gómez, del alumno Hernández-Pacheco y del preparador Sr. Molina y de un obrero, emprendimos la extracción de los restos que consistían en parte del caparazón, la cintura pelviana y algunos huesos de la cintura escapular. Como restos notables de este ejemplar deben mencionarse tres huevos, pues como tales considero a unas masas elípticas del tamaño de los huevos de gallina, aunque menos alargados, constituídos por una fina película calcárea, rota en ciertos sitios, como aplastada y rellenos de arcilla; desechamos la idea de que se trate de concreciones, pues la igualdad en el tamaño, la finura y consistencia del espesor de la cáscara

y el número, pues fueron cinco los encontrados, aunque sólo pudieron extraerse tres, excluye la idea de concreciones calcáreas en el interior de los restos del caparazón de la tortuga.

»Tanto en la capa de marga donde encontramos el ejemplar de que acabamos de ocuparnos, como en la otra capa margosa inferior de arena, encontraron en el mismo barranco el Sr. Royo y el alumno Hernández-Pacheco tres sitios más con restos de otros tantos ejemplares de tortugas gigantes, los cuales fueron extraídos por el preparador del Museo Sr. Molina en días posteriores, estándose al presente recomponiendo los fragmentos de las distintas piezas en el taller del Museo.

»Una expedición posterior que hicimos en compañía de los señores citados y durante la cual seguimos la capa de marga que, aflora formando curva de nivel en los barrancos, nos permitió señalar, en un trayecto de menos de medio kilómetro, hasta una veintena en total de sitios con restos de la misma especie de tortugas gigantes, si bien la mayoría de los restos consistían en fragmentos de caparazón. Uno de los ejemplares, que consistía en algunos huesos de las extremidades y la mayor parte del espaldar, intentó extraerse por el procedimiento norteamericano de la cementación previa de los fragmentos mediante tiras de arpillerá adheridas con engrudo, pero la lluvia y rocíos hicieron fracasar la operación.

»Los restos salvados permitirán formarse clara idea, no sólo del tamaño, sino de la forma y caracteres de la especie, si bien lo incompleto y fragmentado de los ejemplares no permite obtener uno completo, sino huesos o partes aisladas. Así, por ejemplo, a pesar de nuestras pesquisas no hemos podido encontrar cráneo alguno, lo cual se explica por el hecho de que las tortugas en cuestión al

morir y quedar en el pantano serían pasto de los animales carnívoros, y la cabeza es una de las partes más fácil de separar del resto del cuerpo, y aun desprenderse por sí sola, pues, al morir el animal, no queda incluida dentro del caparazón ni está unida por los fuertes tendones que los huesos de las patas.

»El estado de conservación de los restos fósiles es bastante defectuoso, a causa de que los caparazones están aplastados y deformados por el peso de los sedimentos, y los fragmentos frecuentemente embutidos unos debajo de otros. Además, como los ejemplares visibles lo están a flor de tierra, donde la descomposición de la roca es intensa, los restos fósiles también están resquebrajados y desmenuzados en extremo a causa de la arcilla margosa que, no tan solo los envuelve, sino que se infiltra y rellena las porciones esponjosas de los huesos, produciendo, por su dilatación o contracción, al cargarse de agua o perderla, el desmenuzamiento de las piezas óseas. Todo esto explica las dificultades de obtener buenos ejemplares de los diversos huesos.

»El tamaño de los ejemplares varía de un mínimo de 70 cm. a un metro 20 cm., que es la longitud del espaldar a que me referí anteriormente se intentó extraer entero. La anchura es siempre algo menor que la longitud, pero dando un contorno con mucha menor diferencia entre el diámetro longitudinal y el transversal que en la *Testudo iberica*, actualmente viviente. El bombeado es, en cambio, próximamente el mismo que en esta especie, guardando sus diversos huesos una gran analogía con los de ella, que seguramente es su descendiente directo.

»Abundarían extraordinariamente las gigantes tortugas durante el final del *Tortonense* y quizás en el *Sarmatiense*, en las llanuras pantanosas del terreno que ahora

son mesetas castellanas, pues se han señalado restos de esta especie en varias localidades de ambas Castillas, tales como Palencia, Fuensaldaña (Valladolid), en Madrid (Casa de Campo), Vallecas, Los Santos de la Humosa y Alcalá de Henares.

»En la última localidad formarían durante el Mioceno grandes manadas, a juzgar por lo numerosísimo de los restos de ejemplares señalados en tan corto espacio como el indicado, llenándose el terreno pantanoso que constituye ahora las capas de margas arcillosas con los cadáveres de los individuos que allí vivían, que serían destrozados por los animales carnívoros desparramándose los restos, y de aquí la explicación de no encontrarse ejemplares enteros.

»Sirva esta nota de avance a la descripción que me propongo hacer de esta especie que es nueva para la ciencia, según todos los antecedentes que tengo.»

Poco tiempo después apareció la segunda nota en que dicho profesor resume lo anterior y agrega los siguientes párrafos:

«Tal abundancia de restos óseos, aunque en estado difícilísimo de extraer, debido a que las arcillas y margas rellenan la parte esponjosa de los huesos y es causa de la extrema fragmentación de éstos, me ha permitido reconstruir en gran parte el esqueleto de esta interesante especie de Quelonio, operación material en la que se ocupa actualmente el ayudante y el preparador del Laboratorio de Geología Sres. Royo y Molina.

»El estudio de los restos confirman mis presunciones respecto a que se trata de una nueva especie, semejante, por sus caracteres esqueléticos, a su descendiente la *Testudo iberica*, que actualmente vive en algunas regiones de la península, si bien de un tamaño colosal en relación con

ésta, por cuanto oscila el diámetro del caparazón de las tortugas fósiles de Alcalá de Henares entre 80 centímetros a un metro treinta centímetros. A esta nueva especie la denomino *Testudo Bolivari* Hern.-Pach., en honor del ilustre maestro y eminente zoólogo D. Ignacio Bolívar, que fué quien primero encontró restos de este animal.

»No doy aquí descripción detenida de la especie porque se están al presente montando los restos óseos y porque después de estudiados serán objeto de una monografía especial.»

Los ejemplares que se indican en esos párrafos fueron terminados de montar poco después y expuestos en una de las salas del Museo Nacional de Ciencias Naturales, en donde pueden examinarse por el público (láminas XXXIV y XXXV).

La descripción de la especie no ha sido hecha aún, por lo que aquí no puedo dar ninguna referencia sobre ella. Sí indicaré, sin embargo, que en tamaño y forma es muy semejante su caparazón al de la *T. leberonensis* Depèret, existente en el Laboratorio de Geología de la Facultad de Ciencias de Lyon y procedente del Pontense del Monte Leberón (Francia).

En 1917 exploramos con el profesor Hernández-Pacheco la parte comprendida entre la cuesta de Zuluma y el cerro del Viso y excavamos entre otros los dos ejemplares que entonces aparecieron en la zona más alta del barranco de los Mártires. Desde entonces a acá la erosión fluvial, en su rápido trabajo, ha dejado a la vista en ese mismo sitio otros dos ejemplares, cuyo caparazón está casi completo y que hemos descubierto al hacer los actuales trabajos para la hoja del Mapa (lámina XV). Además hemos continuado la exploración desde la cuesta de Zulema hasta el Ecce-Homo y hemos podido encontrar dos

ejemplares en la parte alta del camino viejo de Los Hue-  
ros, entre el barranco de la Higuera y el del Agua (figu-  
ra 12 y 36), y otros tres en la cabecera del barranco de  
la Leche, frente al kilómetro 5 de la carretera de Pastra-

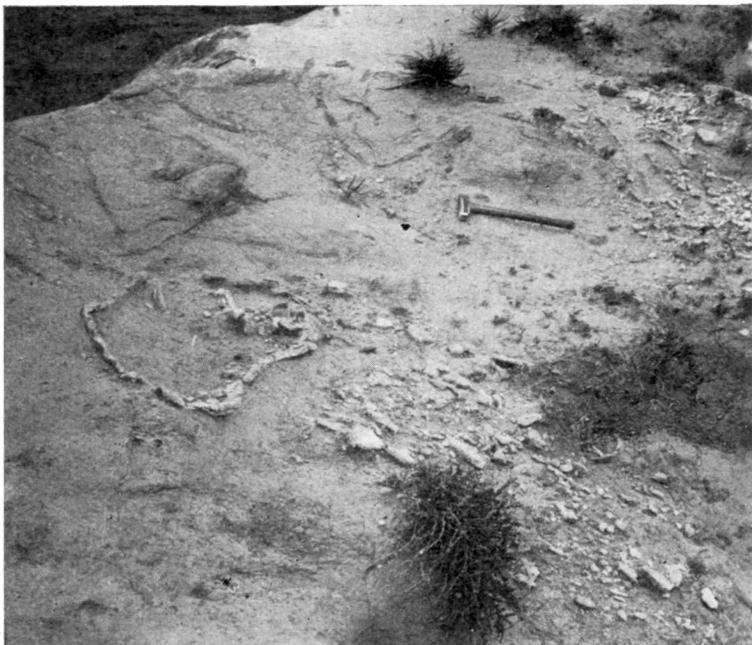


Fig. 36.—Restos de dos caparazones de *Testudo bolivari* H.=Pach.  
descubiertos en el camino viejo de Alcalá a Los Hueros por los señores  
Royo y Menéndez Puget. Fot. J. Royo.

na. Hace pocos años, en la parte NO. de la última trin-  
chera de la cuesta de Zulema, cercana a la casilla de Peo-  
nes camineros, apareció un ejemplar, algunos de cu-  
yos pedazos nos han sido donados en Alcalá de He-  
nares.

Todo esto indica la abundancia de ejemplares de esta  
especie, los cuales aparecen siempre en el mismo hori-

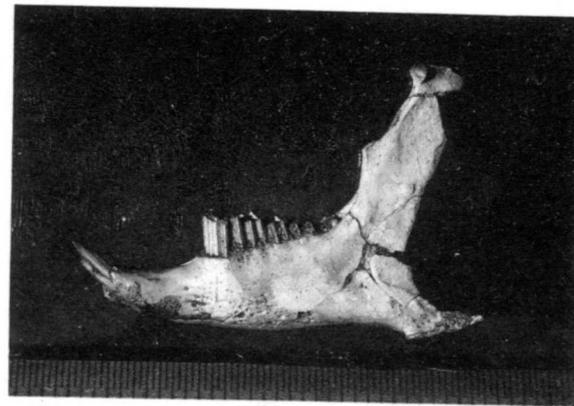


Fig. 1. — Rama izquierda de mandíbula inferior de  
*Lagomys peñai* Royo. Algo aumentada.



Fig. 2. — Serie molar inferior izquierda de *Lagomys peñai*  
Royo. x 7.



Fig. 3. — Diente faríngeo in-  
termedio de *Leuciscus kindelani*  
Royo. x 9.

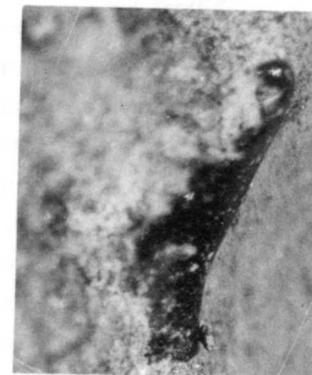


Fig. 4.—Diente faríngeo pos-  
terior de *Leuciscus kindelani*  
Royo. x 16

zonte estratigráfico <sup>1</sup>, de modo que su busca es relativamente fácil ya que no hay que seguir más que dicho nivel. Su edad es *Tortoniense-Sarmatiense*.

#### MAMÍFEROS.

*Cricetodon*<sup>2</sup> sp.—Algunos dientes y fragmentos de huesos de un ratón pequeñísimo en el barredo de Camporreal. *Pontiense*.

*Lagomys peñai* sp. nov. En el barranco de los Mártires, en Alcalá de Henares y en las areniscas amarillo rojizas inferiores al horizonte de *Testudo bolivari* he encon-

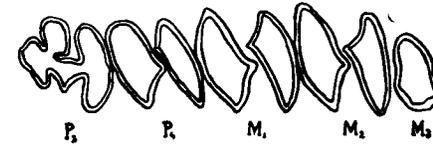


Fig. 37.—Serie molar inferior de *Lagomys peñai* Royo.  
Aumentada cerca de 7 veces.

trado, juntamente con el Sr. Menéndez Puget, dos restos de un roedor, consistentes en una rama de mandíbula inferior y un pedazo de pelvis, que al estudiarlos he podido ver que corresponden a una especie aún no descrita.

La rama de mandíbula inferior es la izquierda (lámina XXXVI, figs. 1 y 2), está casi completa y posee perfecta la serie molar y el incisivo; es muy semejante a la de *L. verus* Hensel, de la Grive de St. Alban (Francia), pero es de tamaño mucho menor; el molar anterior ( $P_3$ ) es más estrecho por delante, con los senos más pronunciados y con los lóbulos externos más cortos, mientras que los internos están muy extendidos, y el último molar es también más anguloso (fig. 37). Sus di-

(1) Este horizonte está a 90-100 m. sobre el río Henares y se continúa con ligeras interrupciones hasta Los Santos de la Humosa

mensionen son: longitud de la serie molar, 8,3 milímetros; diastema, 6,8 mm.; altura de la mandíbula en la base del primer molar, 6,7 mm.; ídem en el último, 8 mm.; ídem del cóndilo a la base, 21 mm.

Es la primera vez que se cita este género en el Mioceño español; siendo el más próximo a él, de los roedores encontrados hasta ahora, el *Prolagus meyeri*, el cual, aunque tiene dimensiones parecidas, es totalmente distinto en cuanto al P<sub>3</sub> y al M<sub>3</sub>.

Las capas en que ha aparecido corresponden a la base del *Tortonense-Sarmatiense*.

Dedico esta especie a D. Luis de la Peña, Director del Instituto Geológico y Minero, que con tanto interés ha tomado la formación y publicación del nuevo Mapa Geológico Nacional.

JOSÉ ROYO Y GÓMEZ

Madrid, 27 de enero de 1928

ESTUDIO QUÍMICO GEOLÓGICO DE LAS  
TIERRAS, ROCAS Y AGUAS DE LA HOJA  
DE ALCALÁ DE HENARES

POR

L. MENÉNDEZ PUGET

Profesor del Laboratorio Químico Industrial de la Escuela de Minas.

## ESTUDIO QUÍMICO GEOLÓGICO DE LAS TIERRAS Y ROCAS DE LA HOJA DE ALCALÁ DE HENARES

Estando constituida la tierra vegetal por los productos de la erosión de las rocas que constituyen la corteza terrestre, la composición de aquéllas es un reflejo de la de ésta, y, por consiguiente, hay una gran relación entre la Geología de una región y la composición de sus tierras vegetales.

Igualmente, los cuerpos que llevan en disolución las aguas que manan en una localidad, dan idea de las capas por las cuales discurren, pues llevan disueltas las sustancias solubles de ellas. Por estas consideraciones, al hacer el estudio geológico del término de Alcalá de Henares, queremos hacerlo también bajo el punto de vista químico de las aguas y tierras de dicho término.

Para el estudio de las tierras, hemos tomado tres tipos que caracterizan los terrenos que ocupan más extensión en la Hoja geológica de Alcalá de Henares.

Toda la parte SE. está constituida por la caliza de los páramos y la tierra vegetal procede de la erosión y decalcificación de esta caliza, que en muchas ocasiones se ha dicho que eran muy silíceas y magnesianas, pero que hemos podido comprobar no es así, como se deduce de los siguientes análisis de dos calizas que se dan a continuación:

## CANTERAS DE CARABILLA (CORPA)

Sílice .....	1,25	por 100
Oxidos de hierro y alúmina . . . . .	1,35	—
Cal .....	34,02	—
Magnesia .....	0,32	—
Anhídrido carbónico .....	43,83	—

CANTERAS DE LA HUERTA DE HERNANDO  
(LOS SANTOS DE LA HUMOSA)

Sílice .....	1,25	por 100
Oxidos de hierro y alúmina . . . . .	1,50	—
Cal .....	53,76	—
Magnesia .....	0,43	—
Anhídrido carbónico .....	42,71	—

Como tipo de estas tierras procedentes de los páramos hemos tomado precisamente la del de Carabilla (Corpa), que dió los siguientes resultados:

## TIERRA DEL PÁRAMO DE CARABILLA. (CORPA)

*Análisis mecánico.*

Guijarros y fragmentos gruesos ..	24,00	por 1.000
Grava y fragmentos pequeños . . . .	619,00	—
Tierra .....	357,00	—

Los elementos gruesos son muy calcáreos.

*Análisis físico-químico.*

Humedad .....	33,00	por 1.000
Arcilla .....	50,27	—
Arena gruesa .....	402,25	—
Caliza .....	242,86	—
Arena fina .....	265,81	—
Materia orgánica .....	5,81	—

*Análisis químico verificado sobre la tierra (elemento fino).*

Oxidos de hierro y alúmina .....	40,00	por 1.000
Cal .....	136,00	—
Magnesia .....	4,05	—
Sosa .....	2,21	—
Potasa .....	1,33	—
Nitrógeno .....	1,34	—
Anhídrido fosfórico .....	0,243	—
— carbónico .....	106,86	—

Como del anterior análisis se desprende, puede observarse que es una verdadera tierra de los páramos, muy calcárea, poco arcillosa y muy pobre en elementos solubles, como procedente, en gran parte, de una decalcificación que ha eliminado dichas sustancias solubles.

Aunque el aspecto de desolación de estos parajes es casi exclusivamente achacable al hombre, como tierras pobres en elementos fertilizantes y de poco fondo, en ellas la vegetación no es muy exuberante.

Otra tierra que hemos tomado como tipo procede de las margas yesíferas sarmatienses, y la recogimos en el camino del Abrevadero, en las inmediaciones de Los Santos de la Humosa y a una altitud de 795 metros. Los análisis acusan los siguientes resultados:

TIERRA DEL CAMINO DEL ABREVEDERO  
(LOS SANTOS DE LA HUMOSA)*Análisis mecánico.*

Guijarros y fragmentos gruesos ..	70,00	por 1.000
Grava y fragmentos pequeños . . . .	564,00	—
Tierra .....	366,00	—

El elemento grueso es algo calcáreo.

*Análisis físico-químico.*

Humedad .....	50,00	por 1.000
Arcilla .....	320,15	—
Arena gruesa .....	372,60	—
Arena fina .....	70,10	—
Caliza .....	159,95	—
Materia orgánica .....	27,20	—

*Análisis químico efectuado sobre la tierra (parte fina).*

Oxidos de hierro y alúmina .....	94,00	por 1.000
Cal .....	149,80	—
Magnesia .....	3,62	—
Sosa .....	2,05	—
Potasa .....	4,34	—
Nitrógeno .....	0,81	—
Anhídrido fosfórico .....	0,72	—
— carbónico .....	70,38	—

Se deduce del análisis que gran parte de la cal está en estado de sulfato, lo cual es natural procediendo de las margas yesíferas; el resto, en estado de carbonato, procede de los derrubios de la caliza de los páramos. Es una tierra bastante rica en sales y muy arcillosa. Son tierras bastante buenas y en ellas se dan bien los olivos, cereales, etc.

Por último, hemos estudiado una tierra del valle del Henares, cogida en las inmediaciones de Alcalá, obteniendo los siguientes resultados:

## TIERRA DEL VALLE DEL HENARES

*Análisis mecánico.*

Guijarros y fragmentos gruesos...	104,00	por 1.000
Grava y fragmentos pequeños .....	354,00	—
Tierra .....	542,00	—

El elemento grueso es muy poco calcáreo.

*Análisis físico-químico.*

Humedad .....	45,00	por 1.000
Arcilla .....	48,00	—
Arena gruesa .....	727,87	—
Arena fina .....	121,01	—
Caliza .....	42,40	—
Materia orgánica .....	15,72	—

*Análisis químico efectuado sobre la tierra (elemento fino)*

Oxidos de hierro y alúmina .....	35,60	por 1.000
Cal .....	24,20	—
Magnesia .....	1,88	—
Sosa .....	0,34	—
Potasa .....	1,54	—
Nitrógeno .....	0,74	—
Anhídrido fosfórico .....	0,67	—
— carbónico .....	18,60	—

Es una tierra arenosa y muy poco arcillosa y calcárea, como corresponde a los materiales de donde procede, que no son otros que las cuarcitas de la sierra arrasadas por el río. Son bastante ricas en nitrógeno y en ellas fructifica una hermosa huerta.

ANÁLISIS QUÍMICO DE ALGUNOS TESTIGOS DEL SONDEO DE ALCALÁ DE HENARES

	PROFUNDIDAD DEL TESTIGO				
	450 metros.	485 metros.	494,50 metros.	838,20 metros.	936 metros.
Sílice .....	38,54 por 100	0,10 por 100	60,80 por 100	14,80 por 100	27,20 por 100
Oxidos de hierro y alúmina ..	30,70 —	» —	26,66 —	16,50 —	21,52 —
Cal .....	9,22 —	41,00 »	1,65 —	33,26 —	18,94 —
Magnesia .....	2,82 —	» —	0,68 —	0,87 —	3,91 —
Alcalis .....	3,00 —	» —	3,70 »	3,94 —	4,27 —
Anhidrido carbónico .....	13,34 —	» —	» —	27,94 —	20,42 —
Humedad y agua de combi- nación .....	1,92 —	» —	5,85 —	1,10 —	1,00 —
Anhidrido sulfúrico .....	» —	58,60 —	1,16 —	1,58 —	2,74 —
Naturaleza de la roca .....	<i>M a r g a muy arcillosa.</i>	<i>Anhidrita pura.</i>	<i>Arena arcillosa micácea.</i>	<i>Marga calcárea.</i>	<i>Conglomerado de nódulos de anhidrita con cemento mar-goso.</i>

ESTUDIO QUÍMICO GEOLÓGICO DE LAS AGUAS DE LA HOJA DE ALCALA

También para este estudio hemos agrupado las aguas, según los terrenos en que brotan, tomando las aguas tipo, en las cuales hemos determinado los elementos más importantes, y en las demás del mismo terreno el grado hidrotimétrico, que da una idea bastante aproximada de su pureza.

**Aguas que brotan en la caliza de los páramos.—**

Estas aguas, que se filtran por las fisuras de las caliza pontiense, en algunas partes muy onduladas, y brotan al encontrar una capa más margosa e impermeable, son poco sulfatadas, apenas tienen cloruros y están constituidas principalmente por bicarbonato de cal.

A este tipo pertenecen las del manantial de Pantueña (Corpa), que brota a los 820 metros de altitud, bastante abundante, y, como hemos dicho, debajo de la caliza. He aquí los resultados del análisis:

AGUA DEL MANANTIAL DE PANTUEÑA (CORPA)

Residuo a 100° .....	0,513	gramos en litro.
— fusión .....	0,314	— —
Cal .....	0,205	— —
Magnesia .....	0,039	— —
Cloro expresado en cloruro sódico .....	0,020	— —
Anhidrido sulfúrico .....	0,057	— —
Grado hidrotimétrico total .....	40	
— — permanente .....	17	

Como el anhidrido sulfúrico no es suficiente para saturar la cal, ésta estará en su mayor parte en estado de

bicarbonato, lo cual es natural teniendo en cuenta de dónde proceden las aguas.

También pertenece a este tipo la de Pozuelo del Rey, que brota a los 815 metros y en las mismas condiciones que la de Pantueña, y que, como se deduce del siguiente análisis, es también muy bicarbonatada y de composición muy parecida a la de aquella.

#### AGUA DE LA FUENTE DE POZUELO DEL REY

Residuo a 100° .....	0,502	gramos	en	litro.
— fusión .....	0,366	—	—	
Cal .....	0,224	—	—	
Magnesia.....	0,011	—	—	
Cloro expresado en cloruro sódico .....	0,039	—	—	
Anhídrido sulfúrico .....	0,027	—	—	
Grado hidrotimétrico total.....	40			

En Santorcaz, a los 810 metros de altitud, bajo una capa caliza bastante margosa, brota una fuente abundante, cuyas aguas son ya más ricas en cal, alcalinas y sulfatadas, pues como se deduce de su análisis, casi toda la cal está saturada por el anhídrido sulfúrico, siendo por consiguiente menos bicarbonatadas. Son un tránsito a las aguas que brotan en el Sarmatiense.

#### AGUA DE LA FUENTE DE SANTORCAZ

Residuo fijo a 100° .....	1,060	gramos	en	litro.
— — fusión .....	0,680	—	—	
Cal .....	0,329	—	—	
Magnesia.....	0,012	—	—	
Cloro expresado en cloruro sódico .....	0,083	—	—	
Anhídrido sulfúrico .....	0,240	—	—	
Grado hidrotimétrico total.....	63			
— — permanente.....	45			

Análoga a la de Santorcaz, por brotar en la parte inferior del Ponticense, es la del manantial de la Alameda de Loeches; surte de agua a dicho pueblo, y surge abundante a los 710 metros de altitud. Como en aquella, gran parte de la cal está saturada por el sulfúrico. Son más magnesianas que las de Santorcaz y, como éstas, pueden considerarse un tránsito a las que brotan en el Sarmatiense.

#### AGUAS DE LA ALAMEDA DE LOECHES

Residuo fijo a 100° .....	0,791	gramos	en	litro.
— — fusión .....	0,752	—	—	
Cal .....	0,299	—	—	
Magnesia.....	0,074	—	—	
Cloro expresado en cloruro sódico .....	0,080	—	—	
Anhídrido sulfúrico .....	0,295	—	—	
Grado hidrotimétrico total.....	53			

#### CASA DE TEPA (TORRES).

Pozo de unos diez metros hecho en las arenas pontienses a la altitud de 813 metros y que recoge las aguas que filtran a través de estas arenas. Son aguas muy puras, las mejores de las que hemos recogido en la Hoja de Alcalá.

Grado hidrotimétrico total.....	31
---------------------------------	----

#### FUENTE DEL REY (ENTRE VALVERDE Y NUEVO BAZTÁN).

Fuente poco abundante, que también brota en las arenas pontienses a los 810 metros de altitud.

Grado hidrotimétrico total.....	35
---------------------------------	----

## VILLAR DEL OLMO

Fuente abundante que brota debajo de la caliza pontiense a los 760 metros.

Grado hidrotimétrico total..... 49

## OLMEDA DE LA CEBOLLA

Fuente a los 785 metros de altitud en las mismas condiciones que la anterior.

Grado hidrotimétrico total..... 45,5

## NUEVO BAZTÁN

Pozo hecho en la caliza pontiense a los 820 metros de altitud.

Grado hidrotimétrico total..... 47

## CAMPORREAL

Fuente abundante que brota a los 786 metros de altitud en la caliza pontiense.

Grado hidrotimétrico total..... 44

## CORPA

Fuente en la parte inferior en las calizas.

Grado hidrotimétrico total..... 49

## VILLALBILLA

Fuente abundante en la parte inferior del Pontiense.

Grado hidrotimétrico total..... 51

Por consiguiente, vemos que las aguas que brotan en el Pontiense reúnen regulares condiciones de potabilidad, son bicarbonatadas y poco selenitosas; estando comprendidas entre los 31 grados hidrotimétricos que tiene la de la Casa de Tapa, que procede de las filtraciones de las arenas pontienses y 63 que tiene la de Santorcaz, que ya es bastante selenitosa y puede considerarse como tránsito al Sarmatiense.

**Aguas que brotan en el Sarmatiense y en el Tortoniense.**—Como tipo de estas aguas podemos poner las del pozo de la Dehesa Baja de Torres, las cuales nacen al contacto de una capa de marga algo yesífera, pues tienen más de un gramo de sulfato de cal por litro; estando casi toda la cal y magnesia saturada por el anhídrido sulfúrico. Es bastante más clorurada que las del Pontiense; el pozo está hecho a los 700 metros de altitud.

## AGUAS DEL POZO DE LA DEHESA BAJA DE TORRES

Residuo fijo a 100° .....	3,084	gramos	en	litro.
— — fusión .....	2,200	—	—	
Cal .....	0,511	—	—	
Magnesia.....	0,297	—	—	
Cloro expresado en cloruro sódico .....	0,118	—	—	
Anhídrido sulfúrico .....	1,263	—	—	

Grado hidrotimétrico total..... 123

En Valverde a los 723 metros de altitud y en las margas algo yesíferas nace una fuente cuyas aguas son análogas a las anteriores.

Grado hidrotimétrico total..... 123

Vemos que estas aguas son francamente selenitosas y mucho más salinas que las pontienses.

**Aguas que brotan en el Paleógeno (Oligoceno).**

Como tipo de estas aguas tenemos las de los pozos de Alcalá de Henares. En ellos se recogen las que filtran de los aluviones actuales y nacen al encontrar, a los 12 ó 15 metros las capas, menos permeables, de margas arcillosas paleógenas.

Como los materiales del Holoceno en esta localidad son algo calcáreos, según se deduce del análisis de las tierras, por proceder en alguna parte de las calizas de los páramos, las aguas son bastante bicarbonatadas, aunque gran parte de la cal está en estado de sulfato. Son muy alcalinas y magnesianas.

## AGUAS DE LOS POZOS DE ALCALÁ DE HENARES

Residuo fijo a 100° .....	4,978	gramos en litro.
— — fusión .....	4,013	— —
Cal .....	0,970	— —
Magnesia .....	0,210	— —
Cloro expresado en cloruro sódico .....	0,812	— —
Anhidrido sulfúrico .....	0,919	— —
Grado hidrotimétrico total .....	166	
-- — permanente .....	91	

Las aguas que en Alcalá se emplean para beber son conducidas desde alguna distancia de la margen derecha del río, y seguramente proceden del Terciario en esta parte más detrítico y arenoso.

## FUENTES DE ALCALÁ DE HENARES

Grado hidrotimétrico total .....	35
----------------------------------	----

En Velilla de San Antonio, las aguas de los pozos hechos en los conglomerados de la terraza de 20 metros so-

bre el Jarama y que filtran por ellos y nacen al encontrar las margas yesíferas paleógenas son bastante parecidas a las de Alcalá, aunque casi toda la cal está en estado de sulfato. Son muy magnesianas y alcalinas.

## AGUAS DE LOS POZOS DE VELILLA DE SAN ANTONIO

Residuo fijo a 100° .....	4,180	gramos en litro.
— — fusión .....	3,380	— —
Cal .....	0,506	— —
Magnesia .....	0,437	— —
Cloro expresado en cloruro sódico .....	0,736	— —
Anhidrido sulfúrico .....	1,455	— —
Grado hidrotimétrico total .....	228	

Como se observa en los anteriores análisis estas aguas son muy magnesianas por serlo las margas yesíferas paleógenas, que en algunas partes dan lugar a la formación de eflorescencias como las que hemos visto en La Granja (Mejorada del Campo). Analizadas estas eflorescencias, nos dieron los siguientes resultados:

## EFLORESCENCIAS DE LA GRANJA

Residuo insoluble en agua .....	26,32	por 100
Cal .....	9,90	—
Magnesia .....	10,88	—
Anhidrido sulfúrico .....	25,90	—
Humedad y agua de combinación ...	34,00	—

Teniendo en cuenta el análisis anterior, se las puede atribuir la siguiente composición:

Sulfato de cal .....	7,04	por 100
— magnesia .....	32,64	—
Humedad y agua de combinación ...	34,00	—
Residuo insoluble .....	26,32	—

En los mismos yesos paleógenos y en capas muy salinas, accidente puramente local, brotan las aguas medicinales de Loeches, que atraviesan estratos muy cargados de sulfatos sódico y magnésico, según se deduce del siguiente análisis:

Residuo fijo a 100° .....	101,221	gramos en litro.	
— — a fusión .....	94,840	—	—
Cal .....	0,805	—	—
Magnesia .....	7,700	—	—
Sodio .....	19,861	—	—
Potasio .....	4,630	—	—
Cloro .....	0,303	—	—
Anhídrido sulfúrico .....	54,886	—	—

Teniendo en cuenta este análisis, se puede suponer que las aguas llevan en disolución los siguientes cuerpos:

Cloruro sódico .....	0,488	gramos en litro.
Sulfato sódico .....	60,487	— —
Sulfato magnésico .....	23,100	— —
Sulfato potásico .....	9,079	— —
Sulfato cálcico .....	1,955	— —

Además tiene pequeñas cantidades de litio, yodo y bicarbonatos cálcico y ferroso.

#### TORRES

Las aguas de sus pozos, que recogen las que filtran del Cuaternario y tienen por lecho impermeable las margas paleógenas, dieron el siguiente resultado:

Grado hidrotimétrico .....	273
----------------------------	-----

#### LOS HUEROS

En sus pozos se recogen las aguas que filtran del terreno actual y tienen por lecho impermeable las arcillas. Estos pozos están contruídos a los 680 metros de altitud.

Grado hidrotimétrico total .....	204
----------------------------------	-----

#### MEJORADA DEL CAMPO

También en esta localidad están los pozos, como en Velilla de San Antonio, hechos en los conglomerados de las terrazas del Jarama, y tienen las aguas como lecho impermeable las margas, aquí más yesíferas.

Grado hidrotimétrico .....	408
----------------------------	-----

#### TORREJÓN DE ARDOZ

Aquí también los pozos están hechos en la terraza del Henares y tienen las aguas como lecho impermeable las margas menos yesíferas que en Mejorada.

Grado hidrotimétrico .....	200
----------------------------	-----

En el pueblo existe una fuente cuya agua es conducida de un paraje denominado Los Perales.

Grado hidrotimétrico .....	46
----------------------------	----

Como resultado de todas estas investigaciones podemos decir que, en el territorio de la Hoja de Alcalá, a medida que descendemos estatigráficamente en el Terciario, las aguas van siendo más salinas, pues mientras las que brotan en el Pontiense oscilan entre los 31 y 64 gra-

dos hidrotimétricos, las sarmatienses tienen 123 y 134, y las paleógenas, prescindiendo de las de Loeches, llegan a 408 en Velilla de San Antonio.

Vamos a resumir estos datos en un gráfico, en el cual tomaremos como abcisas las alturas y como ordenadas los grados hidrotimétricos, en el cual podremos determinar con alguna aproximación la pureza de las aguas que brotan a determinada altura (véase el gráfico).

**Sondeo de Alcalá de Henares.**—Para terminar el estudio de las aguas de la Hoja de Alcalá vamos a hacer el de las artesianas que han surgido en el sondeo que se está haciendo en Alcalá de Henares.

A los 70 metros de profundidad y en una capa de arenas rojas situada debajo de una de margas y arcilla rojizas y encima de otra de arcilla, se encontró agua artesianas con un caudal de dos metros cúbicos por hora. Estas aguas, que han experimentado una filtración en las arenas, son bastante puras, como se deduce del siguiente análisis:

AGUAS DEL SONDEO DE ALCALÁ DE HENARES (70 metros).

Residuo fijo a 100° .....	0,696	gramos	en	litro
— — fusión .....	0,608	—	—	
Cal .....	0,032	—	—	
Magnesia.....	0,018	—	—	
Cloro calculado en cloruro sódico .....	0,023	—	—	
Anhidrido sulfúrico .....	0,342	—	—	

Como vemos, son muy poco calcáreas y magnesianas, y la mayor parte del sulfúrico ha de estar saturado por la sosa.

A los 375 metros de profundidad, en una capa de are-

nas finas micáceas, situada entre dos más impermeables, vuelve a aparecer agua surgente con un caudal de 360 litros por hora. El análisis de estas aguas es el siguiente:

AGUA DEL SONDEO DE ALCALÁ (375 metros).

Residuo fijo a 100° .....	23,794	gramos en litro.
— — fusión .....	22,794	— —
Cal .....	0,955	— —
Magnesia .....	2,238	— —
Cloro calculado en cloruro sódico .....	13,618	— —
Anhidrido sulfúrico .....	5,847	— —

Son aguas muy cargadas de sales alcalinas y magnesianas y muy parecidas a las que surgen a los 512 metros, con un caudal de 720 litros por hora en una capa de calizas margosas comprendida entre margas verdosas con anhidrita. A continuación damos su análisis.

AGUAS DEL SONDEO DE ALCALÁ (512 metros).

Residuo fijo a 100° .....	25,905	gramos en litro.
— — fusión .....	25,070	— —
Cal .....	1,152	— —
Magnesia .....	1,732	— —
Cloro calculado en cloruro sódico .....	16,839	— —
Anhidrido sulfúrico .....	5,107	— —

Finalmente, a los 530 metros, en una capa calcárea situada entre dos de margas con anhidrita, brota otra vez agua con un caudal de 2.640 litros por hora; he aquí el análisis de estas aguas:

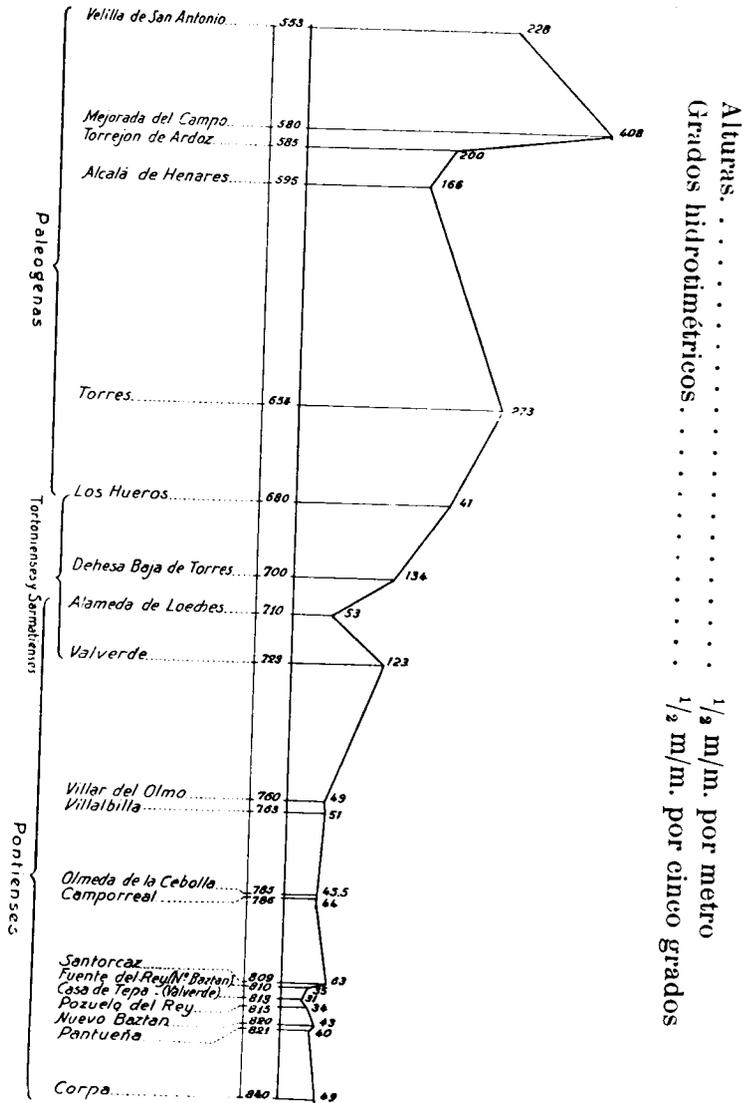


GRÁFICO DE LOS GRADOS HIDROMÉTRICOS DE LAS AGUAS DE LA HOJA DE ALCALÁ DE HENARES

## AGUAS DEL SONDEO DE ALCALÁ (530 metros).

Residuo fijo 100° .....	25,685	gramos en litro.		
— — fusión .....	24,885	—	—	
Cal .....	1,079	—	—	
Magnesia .....	1,591	—	—	
Cloro calculado en cloruro sódico .....	14,687	—	—	
Anhídrido sulfúrico .....	4,940	—	—	

Como las anteriores, está muy cargada de sales alcalinas, magnesianas y cálcicas, y prescindiendo de la de los 70 metros, que seguramente es un accidente local, confirman lo que dijimos y expresamos en el gráfico de que, en términos generales, a medida que descendemos estatigráficamente en el Terciario, las capas van siendo más salinas.

L. MENÉNDEZ PUGET

Madrid, 27 de enero de 1928.

EL SONDEO DE ALCALÁ DE HENARES

POR

VICENTE KINDELÁN

Ingeniero de Minas

## SONDEO DE ALCALÁ DE HENARES

En el mes de julio del año 1926, el Excmo. Sr. Ministro de Fomento ordenó que por el personal del «Instituto Geológico y Minero de España» se señalara el lugar para hacer un sondeo tipo en la cuenca del Tajo, con objeto de alumbrar aguas artesianas profundas.

Los Ingenieros Vocales señores Kindelán, Marín, Dupuy de Lôme y Gavala, estimaron apropiada una parcela de terreno situada en las afueras de Alcalá de Henares, próxima a la estación del ferrocarril de M. Z. A.

Mediante concurso público se adjudicó la ejecución del sondeo a la Sociedad Foraky, de Bruselas.

Empezaron los trabajos en el mes de julio de 1927, y el taladro alcanzó la profundidad de 1.000 metros, sin haber salido del Terciario y sin haberse alumbrado agua potable en profundidad.

Geólogos de notoria reputación han creído siempre que la llamada cuenca terciaria del Tajo reúne las condiciones a propósito para obtener de ella aguas artesianas.

Don Casiano del Prado dice en su *Descripción físico-geológica de la provincia de Madrid*: «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 probabilidad, se presentarían aguas ascendentes.» En el mismo trabajo alentaba al Gobierno y al Ayuntamiento de la capital «para que fijase su atención en cosa de tanto interés».

Don Rafael Sánchez Lozano, a cuyos sabios consejos

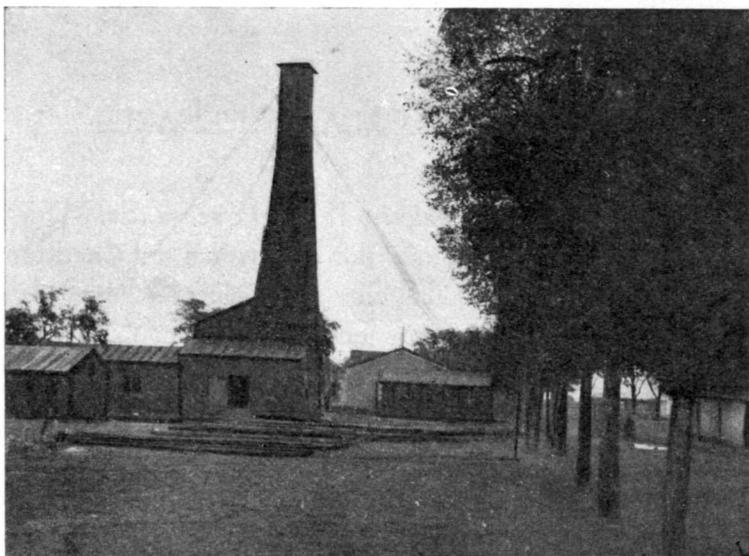


Fig. 38.—Instalaciones del sondeo de Alcalá.

Fot. L. Menéndez Puget.

se deben buen número de los pozos artesianos que hoy hay en España, se expresaba como sigue <sup>1</sup>: «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 nuestro juicio el paraje más a propósito dentro de la pro-

<sup>1</sup> *Estudios hidrogeológicos*.—Cuenca del Tajo, Provincia de Madrid.—*Boletín del Instituto Geológico de España*, t. XXVIII, año 1906.

vincia para llegar a estas capas por medio de la sonda, la región de la vega del Henares, situada aguas arriba de Alcalá.»

En el mismo trabajo también se lee: «Es lamentable que cuestión de tanto interés esté todavía por resolver, con tanto más motivo cuanto que aún 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 a propósito que las terciarias para producir caudales de aguas importantes.»

Don César Rubio <sup>1</sup> opina de este modo: «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 hidrómetros de las corrientes que circulan por la superficie del terreno donde aquéllas afloran.»

Don Ramón Adán de Yarza, geólogo de primer orden entre los de su tiempo, en un trabajo publicado en el mismo tomo del *Boletín*, se expresa así: «Las mismas razones

<sup>1</sup> *Estudios hidrogeológicos*.—Cuenca del Tajo, Provincia de Madrid.—*Boletín del Instituto Geológico de España*, t. XXVIII, año 1906.

aducidas en favor de la posibilidad de hallar aguas en el Terciario pueden aplicarse al Cretáceo y aún con mayor fundamento, ya que las rocas sabulosas de su base son menos coherentes que las de la base del Terciario.»

Agustín Marín, como resumen de su informe para alumbrar aguas potables destinadas a abastecer 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 que de haber aguas artesianas éstas no se cortarían hasta llegar a la profundidad de 400 a 500 metros.»

«No creo necesario insistir sobre el interés que la resolución que 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 de Dupuy de Lôme para alumbrar aguas en Barcience (Toledo), copiamos esto: «Se puede, pues, asegurar que existe una cuenca artesianas 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 potentísimo manto de agua artesianas en los horizontes de calizas y arenas cretáceas.

Pérez Cossio, con autoridad bien merecida en lo que a alumbramientos de aguas se refiere, informa como sigue <sup>1</sup>: «Creemos que las razones anteriores son suficientes para intentar con fundadas esperanzas una serie de sondeos, y de obtener aguas surgentes habían de resolver

<sup>1</sup> *Sobre la posibilidad de encontrar aguas artesianas.*—Rev. Min. Metalúrgica y de Ingeniería, N. S., 2.410 y 2.411, año 1913.

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 Peroveques y Novales.»

Kindelán (Vicente) <sup>1</sup>: «En lo que queda expuesto está fundamentado nuestro modo de pensar respecto a cómo 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 arcosas 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 servirían de filtro para purificar las que pudieran pasar a través de las margas yesosas.»

Podríamos transcribir lo que los señores Vilanova, Bentabol, Rubio (D. José), Fernández Navarro y otros han dicho sobre las probabilidades de éxito que tendría el obtener aguas artesianas en toda la cuenca terciaria del Tajo.

Los señores Verneuil, Lyell, Botella, Cortázar, a más de los citados, creen que el lago terciario en que se depositaron las capas miocenas <sup>2</sup> tienen por recipiente una nava cretácea, y que su espesor no pasaría de 500 metros, para los menos optimistas.

Aunque mucho de lo que se sospechaba se ha confir-

<sup>1</sup> *Estudios hidrogeológicos.*—Cuenca del Tajo, Provincia de Guadalajara.—*Boletín del Instituto Geológico de España*, t. XLIX, año 1920.

<sup>2</sup> Debe tomarse este nombre como sinónimo de Terciario, ya que a más del Mioceno existen el Oligoceno y el Eoceno

mado por el sondeo de Alcalá, desgraciadamente no ha ocurrido así en lo tocante al espesor que tiene el Terciario, pues a los 1.000 metros taladrados, aún continúa.

**Caracteres petrográficos de los terrenos atravesados por la sonda.**—En el adjunto estado y en la lámina correspondiente va el detalle de la clase de rocas y la profundidad a que el taladro las cortó.

En resumen, se ve que atravesó primero un manto aluvial de grava y arena con algo de arcilla, de 6,15 metros de potencia. Una vez pasado, aparecieron arcillas abigarradas y de distintas coloraciones, entre las que se intercalan arcillas, lechos de margas con algún yeso y pequeños bancos de caliza.

Este conjunto arcilloso en su mayor parte, se superpone a un banco arenoso en el que apareció un venero de agua artesiana a los 70,80 metros de la superficie del suelo. Las arenas se muestran todavía a los 99,71 metros.

Desde el testigo tomado a los 121,45 metros hasta el de 500, no se encuentran más que las mismas arcillas margosas, entre las que dominan las de colores rojizos y verdosos de variados tonos en alternancia con areniscas de grano más o menos fino, grises y rojizas. Continúan en desesperante alternancia, arcillas y margas calcáreas, intercalándose lechos de areniscas y algún yeso; pero se observa que a medida que se profundiza, disminuye el elemento arcilloso sabuloso y aumenta el margoso calizo, hasta que desde 850 metros domina la caliza en bancos de variable espesor, sin que ello quiera decir que no acompañen las margas más o menos calcáreas de color gris verdoso que con tanta constancia han aparecido en los niveles superiores.

Hecho digno de tenerse muy en cuenta es la presencia

de nódulos de anhidrita desde los niveles más altos hasta la cota 875 metros, que no había sido citada hasta ahora en esta cuenca. A su transformación, probablemente, es debido el yeso que aparece entre las arcillas y margas paleógenas.

ESTADO DEMOSTRATIVO DE LA NATURALEZA DE LOS TERRENOS ATRAVESADOS CON LA SONDA EN ALCALÁ DE HENARES

Hasta los	6,15	metros:	Gravas, arena y arcilla.
A los	6,15	—	Empiezan arcillas abigarradas.
Hasta los	17,44	—	Arcillas abigarradas y margas rojizas.
—	28,80	—	Arcillas de cloración varia.
—	52,41	—	Arcillas y margas rojizas.
—	70,80	—	Agua, 51 litros por minuto.
—	94,71	—	Terreno arenoso rojizo.
—	121,45	—	Arcillas abigarradas y guijarros.
—	150,63	—	Terreno calcáreo.
—	157,50	—	Margas y yesos.
—	167	—	Arenas gruesas (arcosas sueltas).
—	172	—	Arcillas rojas con nódulos calizos y yesos originados por la transformación de la anhidrita.
—	177	—	Arenas gruesas (arcosas sueltas).
—	200	—	Arcillas margosas rojas con yesos resultantes de la transformación de la anhidrita.
—	208	—	Alternancias de arenas grises (arcosas), con arcillas y margas con nódulos de anhidrita transformada en yeso.
—	350	—	Arenas finas grises micáceas.
—	377	—	Alternancias de arenas y areniscas finísimas con manchas verdosas y arcillas micáceas con otras de grano más grueso.
—	480	—	Areniscas arcillosas rojizas y finas y margas verdosas con nódulos de anhidrita.

ta. Analizada una muestra de uno de estos nódulos por el Sr. Menéndez Puget, ha resultado que está formado el mineral por

Sílice .....	0,10	por 100
Cal .....	41,00	—
Anhídrido sulfúrico....	58,60	—

La muestra contiene 99,60 por 100 de sulfato de cal; se trata de una anhidrita pura.

Hasta los 488,90 metros:	Marga calcárea grisácea.
— 489,55	— Alternancia de areniscas arcillosas rojas más o menos oscuras y margas verdosas con nódulos de anhidrita.
— 496	— Marga calcárea gris blanquecina.
— 497,40	— Margas calcáreas grises y verdosas con anhidrita y yesos cristalizados.
— 505	— Margas verdosas con nódulos de anhidrita.
— 509	— Calizas margosas grises con cristalitas de yeso y nódulos de anhidrita, alguna vez oscuros, con lechos de areniscas arcillosas verdes con restos de moluscos lacustres en la base.
— 515,70	— Alternancia de margas verdosas en lechos con areniscas muy finas verdosas. Se intercalan zonas calcáreas grises, alguna de las cuales contiene moluscos. Hacia la base una capa de arcosa verdosa.
— 535	— Arenas finas arcillosas micáceas y rojizas.
— 548	— Arcillas y areniscas finas pardo amarillentas con nódulos de anhidrita.
— 556	— Margas y areniscas verdosas con anhidrita.

Hasta los 576	metros: Marga gris amarillenta con moluscos y caráceas.
— 577	— Margas y areniscas verdosas con anhidrita y algún lecho calcáreo con caráceas y moluscos.
— 590	— Marga negruzca con moluscos.
— 594	— Marga y arenisca verdosa con anhidrita y moluscos.
— 595	— Margas y areniscas verdosas y rojizas con anhidrita, que a los 604 metros tiene un lecho calcáreo pardo con caráceas.
— 608	— Margas calcáreas pardo verdosas y pardo amarillentas y negruzcas con caráceas y fanerógamas, moluscos y <i>Cypris</i> con algún lecho arcilloso verdoso con anhidrita.
— 625	— Margas calcáreas y calizas con anhidrita, sin fósiles.
— 642	— Margas y areniscas arcillosas rojas y verdes con anhidrita.
— 662	— Margas verdosas con anhidrita, con capas pardo oscuras de aspecto bituminoso.
— 675	— Margas con anhidrita y areniscas arcillosas finas, verdes y rojizas con nódulos de anhidrita.
— 712	— Arcosas verdosas de grano grueso y margas calcáreas con anhidrita.
— 716	— Arcosas verdosas gruesas y margas calcáreas con anhidrita.
— 718	— Areniscas verdes.
— 720	— Idem arcillosas verdes y rojas.
— 723	— Margas verdosas.
— 724	— Margas calizas grises.
— 731	— Areniscas arcillosas con anhidrita.
— 733	— Arcosas finas verdosas. Arenas arcillosas rojas.

Hasta los 738	metros:	Areniscas arcillosas verdes con anhidrita.
— 738,50	—	Arcosas.
— 753	—	Areniscas arcillosas verdosas con anhidrita.
— 754	—	Margas calcáreas grises.
— 808	—	Alternancias de bancos potentes de calizas margosas con areniscas verdosas arcillosas con nódulos de anhidrita.
— 835	—	Areniscas arcillosas rojizas y verdosas con anhidrita.
— 840	—	Caliza margosa gris verdoso oscuro con restos de moluscos.
— 844	—	Calizas margosas gris negruzcas con restos de vegetales y moluscos.
— 850	—	Areniscas arcillosas rojizas (empiezan las calizas margosas con restos de vegetales).
— 871	—	Calizas más o menos margosas gris amarillentas y verdosas con moluscos con algunas capas de arenisca verdosa.
— 875	—	Calizas margosas con <i>Planorbina pseudo-ammonius castrensis</i> , etc.
— 885	—	Calizas margosas blancas con algunos restos de moluscos.
— 891	—	Margas gris verdosas con nódulos de anhidrita.
— 903	—	Margas rojizas verdosas con nódulos de anhidrita.
— 904	—	Caliza blanca sacaroidea.
— 912	—	Marga rojiza con algunos nódulos de anhidrita.
— 913	—	Marga gris oscura.
— 932	—	Margas arcillosas rojizas con algunos nódulos de anhidrita.
— 933	—	Arcosas.
— 944,08	—	Marga arcillosa rojiza con nódulos de anhidrita.

Hasta los 952,51	metros:	Marga calcárea abigarrada con nódulos de anhidrita.
— 963,56	—	Marga abigarrada arcillosa y calcárea con anhidrita.
— 968,18	—	Marga verdosa arenosa.
— 971,65	—	Marga abigarrada compacta.
— 974,68	—	Marga rojiza compacta arenosa y calcárea con anhidrita.
— 977,77	—	Marga calcárea con muchos nódulos de anhidrita.
— 985,07	—	Arenisca grisácea margosa.
— 989,15	—	Marga abigarrada calcárea compacta.
— 1.000,97	—	Idem, íd. con anhidrita.

**Caracteres paleontológicos.**—En las muchas visitas que hicimos al sondeo cuantos de algún modo hemos contribuido en la confección de la Hoja de Alcalá de Henares, revisamos los testigos, y partiendo muchos, logramos encontrar fósiles, que entregados al señor Royo y Gómez, los ha clasificado como sigue:

NIVELES FOSILÍFEROS DEL SONDEO DE ALCALÁ DE HENARES  
Y ESPECIES QUE CONTIENEN

509	metros:	Lechos de areniscas arcillosas verdes con restos de moluscos lacustres.
515,70	—	Alguna zona calcárea grisácea con restos de moluscos lacustres.
524	—	Marga verdosa con fragmentos de concha de <i>Lymnaea</i> y <i>Planorbis</i> y huesos de peces ( <i>Leuciscus kindelani</i> Royo).
525	—	Marga calcárea negruzca y fétida con anhidrita que contiene fragmentos de conchas de <i>Planorbis</i> , <i>Hydrobia</i> y otros moluscos indeterminables.
576	—	Marga gris amarillenta con moluscos y Caráceas.
577	—	Caliza margosa grisácea y fétida con abundancia de talos y oogonios de Caráceas y caparazones de <i>Cypris</i> .

- 590 metros: Marga calcárea negruzca y fétida con *Lymnaea acuminata acuminata* (Brongn.), *Coretus cornu cornu* (Brongn.), *Gyraulus polycimus* (Font.), *Leuciscus kindelani* Royo y Caráceas. Este nivel puede corresponder al Oligoceno inferior o al Eoceno superior.
- 594 — Marga calcárea negruzca y fétida con los mismos fósiles que en el anterior nivel.
- 594,50 — Margas pizarrosas negruzcas con talos y oogonios de Caráceas, hojas de Monocotiledóneas, tallos de Ciperáceas, caparazones de *Cypris* y restos de peces (*Leuciscus kindelani* Royo?).
- 600 — Marga calcárea grisácea y fétida con los mismos fósiles que el nivel de 590 metros, mas caparazones de *Cypris*.  
Margas negruzcas calcáreas algo pizarrosas con restos de vegetales, principalmente hojas y frutos de Fanerógamas.
- 604,80 — Marga calcárea gris parduzca y fétida con abundancia de talos y oogonios de Caráceas y alguna concha de *Valvata?*.
- 608 — Margas calcáreas pardo verdosas, pardo amarillentas y negruzcas con Caráceas, fanerógamas, moluscos y *Cypris*.
- 612,20 — Marga igual a la anterior, con los mismos fósiles.
- 620 — Marga calcárea gris negruzca y fétida con conchas de *Coretus cornu cornu* (Brongn.), *Gyraulus*, *Lymnaea* e *Hydrobia*, dientes faríngeos y restos de *Leuciscus kindelani* Royo.
- 622 — Marga calcárea gris verdoso claro y fétida con oogonios y talos de Caráceas, caparazones de *Cypris* y restos de peces *Leuciscus kindelani* Royo.  
Marga calcárea gris negruzca con restos de Fanerógamas lignitizados y conchas de moluscos (*Gyraulus?*, *Hydrobia?*, etc.)
- 624,50 — Calizas margosas gris negruzcas fétidas con *Coretus cornu cornu* (Brongn.), *Gyraulus*, *Lymnaea acu-*

*minata acuminata* (Brongn.), *Hydrobia?*, *Valvata?*, y restos de *Leuciscus kindelani* Royo.

- 840 a 885 metros. Calizas margosas fétidas gris negruzcas con restos de vegetales (Fanerógamas) y de moluscos, tales como *Planorbina pseudoammonius castrensis* (Noulet) y *Galba aquensis michelini* (Deshayes). Además un diente faríngeo y otros restos de *Leuciscus kindelani* Royo.  
Quien quiera verlos y estudiarlos puede hacerlo en el Museo del Instituto Geológico y Minero de España, donde se conservan, así como la colección completa de testigos.

## ANÁLISIS QUÍMICO DE ALGUNOS TESTIGOS HECHO POR EL SR. MENÉNDEZ Y PUGET

	TESTIGOS				
	450 metros.	485 metros.	494,50 metros.	838,20 metros.	936 metros.
Silíce .....	38,54 por 100	0,10 por 100	60,80 por 100	14,80 por 100	27,20 por 100
Oxidos de hierro y alúmina .	30,70 —	» —	26,66 —	16,50 —	21,52 —
Cal .....	9,22 —	41,00 —	1,65 —	33,26 —	18,94 —
Magnesia .....	2,82 —	» —	0,68 —	0,87 —	3,91 —
Alcalis .....	3,00 —	» —	3,70 »	3,94 —	4,27 —
Anhidrido carbónico .....	13,34 —	» —	» —	27,94 —	20,42 —
Humedad y agua de combinación .....	1,92 —	» —	5,85 —	1,10 —	1,00 —
Anhidrido sulfúrico .....	» —	58,60 —	1,16 —	1,58 —	» —
Naturaleza de la roca .....	Marga muy arcillosa.	Anhidrita pura.	Arena arcillosa micácea.	Marga calcárea.	Conglomerado de nódulos de anhidrita con cemento mar-goso.

**Carácter estratigráfico.**—Los estratos cortados están horizontales, pues en los testigos sacados, las superficies de contacto entre dos clases de rocas de distinta naturaleza en cualquier nivel geológico encontrado son normales, sin una sola excepción, al eje del taladro que naturalmente, es vertical.

**Edad geológica.**—En el estudio de los fósiles hecho por el señ. Royo y Gómez aparecen en varias zonas gran cantidad de caráceas y fanerógamas, moluscos, caparzones de *Cypris*, dientes y huesos de peces, etc.

Los moluscos de los niveles superiores (524 m. a 624 m.) pertenecen a *Coretus cornu cornu* (Brongn.) (= *Planorbis cornu* Brongn.), *Gyraulus polycimus* (Font.) (= *Planorbis polycimus* Font.), *Lymnaea acuminata* Brongn., *Hydrobia* sp., dientes faríngeos y restos óseos de *Leuciscus kindelani* Royo.

El conjunto de esta fauna, por las especies de los moluscos, es propia, según Royo, del Eoceno superior y del Oligoceno inferior, es decir: que los estratos que desde la superficie llegan hasta profundidades alrededor de 500 metros, corresponden al Oligoceno; de 500 a 600 metros (zonas fosilíferas), Oligoceno, y paso de éste al Eoceno superior, y de los 600 metros, más o menos (zonas fosilíferas), hasta los 1.000 metros hoy perforados, son francamente eocenos; probablemente, lutecienses o bartonienses. Los moluscos encontrados entre los 840 m. y 885 m. pertenecen a esta última edad y por lo tanto comprueban ese modo de ver.

**Niveles acuíferos.**—Aparte del manto de agua de todos conocido en Alcalá de Henares, que se halla constante entre los cinco y seis metros de profundidad, se cortó con el sondeo un venero acuífero a los 71 metros,

que aforado dió 51 litros por minuto, emergente con fuerte presión, a pesar del diámetro del tubo, que era de 14 pulgadas.

Apareció en un banco arenoso de color rojizo, cuya presencia la acusa también el testigo de 99,71 metros. Descansan esas arenas sobre las arcillas abigarradas que muestra el testigo 121,45 metros, y tiene por techo otras arcillas y margas rojizas anotadas en la cota 52,51.

El análisis del agua hecho por el señor Puget da lo siguiente:

Residuo fijo a 100° .....	0,696	gramos en litro.
— — fusión .....	0,608	— —
Cal .....	0,032	— —
Magnesia .....	0,018	— —
Cloro, calculado en cloruro cálcico .....	0,023	— —
Anhídrido sulfúrico .....	0,342	— —

Son, pues, bastante puras, poco calcáreas y magnesianas, y la mayor parte del sulfúrico ha de estar saturado por la sosa.

A los 375 metros apareció también agua emergente artesiana entre arenas y areniscas micáceas de grano finísimo, colocadas entre margas calcáreas de color grisáceo en la base y arcillas margosas rojas encima. El caudal es de seis litros por minuto, y la composición:

Residuo fijo a 100° .....	23,794	gramos en litro.
— — fusión .....	22,794	— —
Cal .....	0,955	— —
Cloro, calculado en cloruro sódico .....	13,619	— —
Magnesia .....	2,238	— —
Anhídrido sulfúrico .....	5,847	— —

Son muy alcalinas y magnesianas; por tanto, de ma-lísima calidad.

A los 512 metros, tropezó la sonda con otro venero de agua que corre entre calizas muy silíceas de grano fino, poco duras y compactas, que yacen entre margas verdosas con anhidrita. Su análisis da:

Residuo fijo a 100° .....	25,905	gramos en litro
— — fusión .....	25,070	— —
Cal .....	1,152	— —
Magnesia .....	1,732	— —
Cloruro, calculado en cloruro sódico .....	16,839	— —
Anhídrido sulfúrico .....	5,107	— —

Finalmente, a los 530 metros, en otra capa calcárea colocada entre dos de margas también con anhidrita, brota agua con un aforo de 2.640 litros por hora. He aquí el análisis de estas aguas:

Residuo fijo a 100° .....	25,685	gramos en litro.
— — fusión .....	24,835	— —
Cal .....	1,079	— —
Magnesia .....	1,591	— —
Cloruro, calculado en cloruro sódico .....	14,687	— —
Anhídrido sulfúrico .....	4,940	— —

Son aún de peor calidad que las de los niveles superiores.

Reunidas las aguas de los niveles 512 y 530 metros, o sea, aproximadamente, unos 51 litros por minuto, llegaron a la superficie con presión suficiente para elevarse a más de 25 metros sobre el brocal del sondeo.

Se hizo la perforación por percusión hasta 477 metros y los restantes hasta 1.000 metros mediante rotación con granalla.

**Idea general sobre el mecanismo del tren de sondeo.**—Según los datos oficiales que poseemos y de lo que hemos visto, resulta que el procedimiento empleado

es el conocido con el nombre de *Método por inyección*, mediante el cual es sabido que los detritus producidos tanto por percusión como por rotación son elevados de un modo continuo, a medida que se producen, por una corriente de agua que se inyecta hasta el fondo del taladro, a través de las varillas del sondeo. Presenta, pues, entre otras, la gran ventaja de permitir a las herramientas perforadoras trabajar sobre un fondo limpio de escombros.

*Motor.*—Es de construcción belga, sistema «Moes semi-Diesel», de dos cilindros verticales y potencia efectiva de 50 HP. Gira a una velocidad de 375 vueltas por minuto con volante regulador, tipo eléctrico muy pesado, 980 kilos, especialmente apropiado a la gran variabilidad del trabajo al motor exigido.

El dispositivo de la puesta en marcha es por aire comprimido a la presión de 10 atmósferas.

El enfriamiento de los cilindros se hace a base del tipo «termosifón» y está asegurado por una batería de depósito de capacidad total de ocho metros cúbicos y superficie de enfriamiento de 67 metros cuadrados.

Esta instalación motriz a base de aceites pesados se hizo con preferencia a otra de vapor, más indicada cuando se trata de un sondeo, a causa de la economía en el gasto de combustible; según los informes que nos dieron y lo que hemos podido apreciar *de visu*, ha dado excelentes resultados.

El motor acciona directamente sobre su transmisión general que, con transmisiones intermedias de correas ataca, por una parte, al tren de perforación, y por otra a la bomba de inyección.

*Tren de perforación.*—Se le conoce con el nombre de «tren Foraky» de percusión rápida y suspensión elástica. El motor acciona un balancín de percusión con suspensión

de resortes, de fuerza variable según la profundidad del sondeo. Esta suspensión elástica tiene por objeto acortar el brazo de palanca del balancín a la salida de la sonda, por tanto aminorado el trabajo del motor y, además, une a la ventaja del arranque rápido, debido a la rapidez y a la fuerza de los golpes del trépano, el de una gran seguridad del trabajo mecánico, porque el metal de las varillas del sondeo está nunca sometido más que a esfuerzos directos de tracción.

*Mecanismo de agotamiento.*—Está dotado de gran velocidad y permite hacer agotamientos con tubos de 91-4'' 45 por hora a 150 metros de profundidad. Esta potencia de agotamiento además de permitir aforar veneros de agua de importancia que no fueran surgentes, tiene la ventaja de poder crear, gracias a la importante depresión de cerca de 15 atmósferas que produce, una fuerte succión en el terreno, y por este hecho producir una limpieza o drenaje de todas las fisuras del terreno y abrir aquellas que estuvieran parcialmente atovadas.

*Bomba de inyección.*—Es igualmente, patente «Foraky», de tipo sólido y de poco volumen; de simple efecto, dos cilindros, perfectamente equilibrado, etc., permitiendo, gracias al juego de flotadores que la acompaña, proporcionar siempre el consumo de agua con arreglo a las necesidades del trabajo, sin que sea indispensable la presencia del accesorio siempre delicado de una caja de velocidades, y para ello está acondicionada de modo que puedan cambiarse fácilmente sus pistones, variando sus diámetros de 150 a 120, 100, 90 y 75 milímetros, y lleva también un desagüe de acceso.

Especialmente construída para trabajar con aguas cargadas de *schlamms* (lodo), su gasto puede variar de seis a 30 metros la hora a presión de 50 atmósferas.

**Carro de rotación.**—Este carro sirve para el traslado de las varillas del sondeo, está montado sobre ruedas, lo que permite pasar de la percusión a la rotación en algunos minutos.

El sondeo se hizo por percusión hasta los 485 metros con toma de muestras cada 20 metros. A partir de esa profundidad comenzó la rotación con granalla hasta 1.000 metros. Se comenzó el taladro con un diámetro de 14 pulgadas y a 891 metros tenía 4 y  $\frac{1}{4}$  pulgadas. Desde la superficie esa profundidad ha cambiado nueve veces el diámetro de los tubos.

Se han aislado los niveles de agua hallados; hoy se encuentra taponado el sondeo, para evitar que aguas tan saturadas de sales puedan ocasionar, al correr por la superficie del suelo, daños en los terrenos, o que al filtrarse impurificaran el agua de los pozos próximos que se alumbran del manto superficial acuífero entre cinco y seis metros de profundidad.

No se han presentado dificultades ni tropiezos serios en el curso de los trabajos, y sólo han dado algún quehacer los nódulos de anhidrita, que al desprenderse ocasionaban hundimientos del terreno que entorpecían el buen funcionamiento del trépano. No debieron tener gran importancia por cuanto se dominaban con facilidad inyectando aguas muy cargadas de cloruro sódico sin haber tenido necesidad de acudir a la cementación del taladro.

**Enseñanzas que se han obtenido con el sondeo.**—1.<sup>a</sup> Las especies fósiles encontradas en distintos niveles permiten decir que los terrenos más profundos atravesados con la sonda corresponden al Eoceno superior.

En el orden ascendente está perfectamente definido el Oligoceno hasta llegar al emboquillado del sondeo, sal-

vo los últimos 6,15 metros de gravas y arenas de la llanura aluvial del río,

No se pueden establecer las líneas que separan sedimentos de una y otra época, pues todo se hace por tránsitos apenas sensibles, tanto en la composición petrográfica como en las faunas fosilíferas.

2.<sup>a</sup> Existe cuenca artesiana como sospechaban los geólogos que sobre este punto informaron, pues desde la profundidad de 531 metros ha subido el agua hasta más de 25 metros sobre la superficie del terreno.

3.<sup>a</sup> No conforme con lo que se suponía, el Terciario tiene un espesor mínimo hasta hoy, superior a 1.000 metros por bajo de la cota de Alcalá de Henares.

4.<sup>a</sup> Se ha descubierto agua artesiana de buena calidad a 70 metros de profundidad con un aforo de unos tres metros cúbicos por hora.

Este último hecho hace pensar si convendría estudiarse detenidamente por si valía la pena utilizarla para satisfacer, por lo menos en parte, los servicios de la ciudad de Alcalá de Henares mediante varios sondeos.

VICENTE KINDELÁN

Madrid, enero de 1928.



# GEOFÍSICA

---

## I

### PRIMERA SERIE DE TRABAJOS

Mediante concurso público le fué adjudicado al señor Eberhard Freiy el hacer experiencias utilizando procedimientos geofísicos tomando como centro la ciudad de Alcalá de Henares.

El trabajo lo hizo la Sociedad «Exploration», de Berlín, usando la balanza de torsión tipo «Potsdam», números 34 y 46, y el «Variómetro magnético universal».

Tuvieron por finalidad el ver qué enseñanzas podían deducirse referentes a la tectónica del subsuelo, tomando como punto de vista principal el que sirvieran de base para señalar el emplazamiento de sondeos destinados a alumbrar aguas artesianas profundas, procurando obtener de esos estudios lo que de ellos hoy se puede esperar: servir de guía y de ayuda al geólogo en sus investigaciones.

Para conocer detalles de los trabajos de campo, de gabinete, mapas con los gráficos, gradientes, valores de curvatura, etc., se debe acudir a la Memoria que el señor Freiy presentó a la Superioridad cumpliendo una de las bases del concurso.

Con objeto de que se pueda formar idea de lo que allí se hizo y de la interpretación dada a lo que la balanza de torsión indicó, unimos esta nota a la Memoria de la Hoja de Alcalá de Henares.

Se eligieron tres perfiles con longitud total de 210 kilómetros:

- Perfil núm. 1: Alcalá - Torrelaguna.
- núm. 2: Alcalá - Sayatón.
- núm. 3: Alcalá - Madrid - Villanueva de la Cañada.

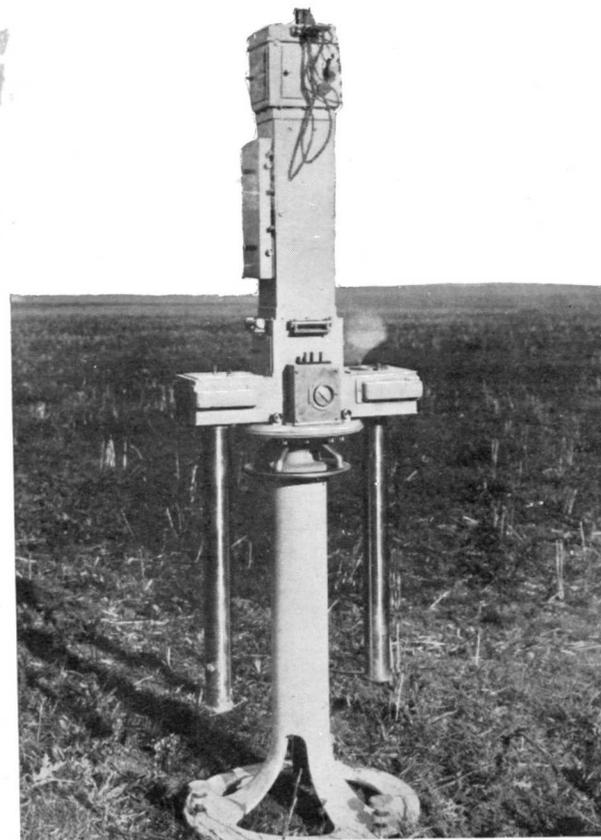
En un mes de trabajos se hicieron 88 estaciones con la balanza, resultando un promedio de 2,5 kilómetros de distancia entre cada dos estaciones, cifra que sólo puede admitirse en casos como el de que se trataba por ser preliminar de otras experiencias más minuciosas.

Se ha confirmado gran parte de lo que sobre la tectónica del subsuelo se suponía que allí pudiera existir, y se han obtenido datos fundamentados para hacer nuevas investigaciones geofísicas de futuros sondeos.

La interpretación que puede darse es que los gradientes del uno al 17 del perfil número 1 y los valores de curvatura correspondientes, juntos con los de la primera parte del perfil número 3, parecen indicar que existe una cuenca parcial dentro de la extensa cuenca terciaria lacustre comprendida entre la sierra de Altomira y la Cordillera Central. Debe ser bastante profunda y hallarse situada al SO. del perfil Alcalá-Torrelaguna con su borde a poca distancia hacia el NE. del mismo.

De la identidad que en dirección y magnitud presentan esos gradientes del perfil número 1 se deduce que el subsuelo no debe de estar allí muy trastornado ni que existan fallas de importancia.

Los del perfil Alcalá-Sayatón indican un subsuelo cada vez más trastornado, a medida que se aproxima a la sierra de Altomira, cuyo levantamiento deja huellas de su acción intensa en los fuertes pliegues que a nuestra vista están.



Balanza de torsión empleada en los estudios geofísicos de la cuenca del Tajo. *Fot. Siñeriz.*

# INVESTIGACIONES GEOFISICAS

EN LAS PROVINCIAS DE

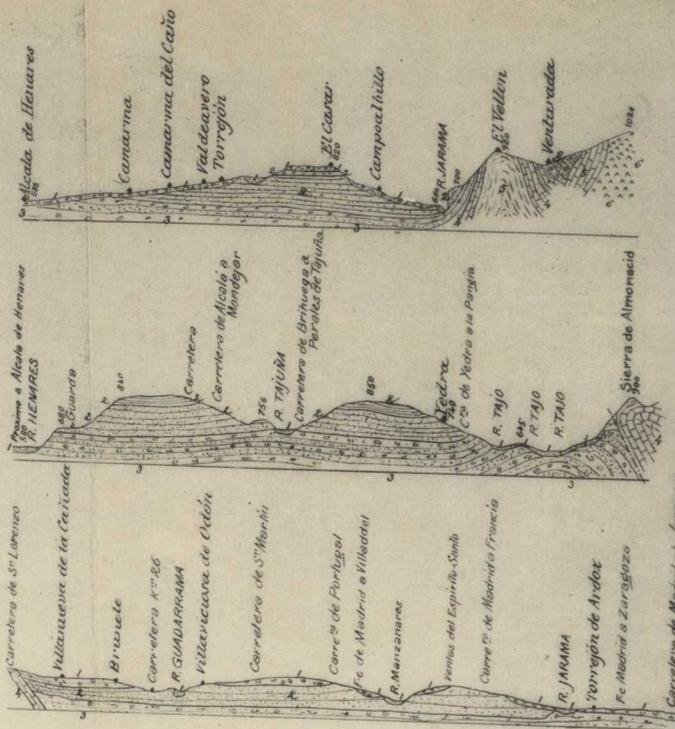
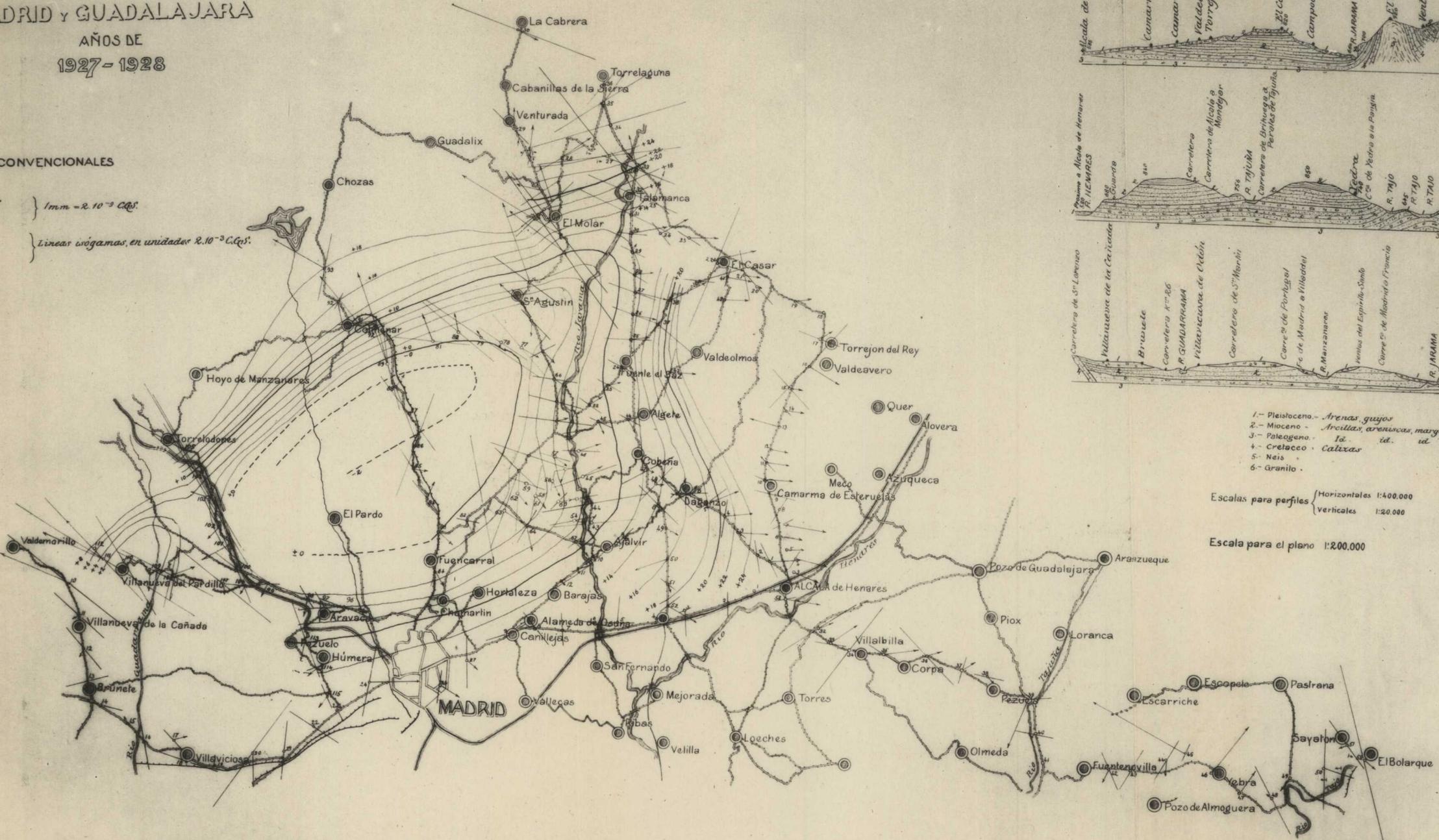
## MADRID Y GUADALAJARA

AÑOS DE

1927 - 1928

### SIGNOS CONVENCIONALES

- Gradientes
- Curvaturas
- $1 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ C.G.S.}$
- Líneas isogamas, en unidades  $2 \cdot 10^{-3} \text{ C.G.S.}$
- 2
- 0
- +2



- 1.- Pleistoceno - Arenas, guijos
- 2.- Mioceno - Arcillas, areniscas, margas
- 3.- Paleogeno - *Id. id.*
- 4.- Cretáceo - Calizas
- 5.- Neis
- 6.- Granito

Escalas para perfiles (Horizontales 1:400.000, Verticales 1:20.000)

Escala para el plano 1:200.000

En el perfil Alcalá-Madrid-Villanueva de la Cañada los gradientes no corresponden a una tectónica uniforme, sin que ello quiera decir que se encuentre en extremo trastornada.

Por lo tanto, parece ser que existe gran diferencia entre la tectónica del subsuelo de la meseta de Madrid en sus bordes N<sup>o</sup> y E., de modo análogo a lo que se manifiesta en la superficie. Es al SO. del perfil número 1 donde parece estar indicado que se hagan nuevos trabajos con procedimientos geofísicos que tengan como fin principal el fijar la situación, dirección y extensión de esa cuenca parcial.

En vista de ello, el Director del Instituto Geológico y Minero de España propuso la continuación de las observaciones geofísicas en la misma comarca, con el indicado fin de fijar la situación y superficie de la supuesta cuenca parcial, así como la dirección de su eje y la profundidad a que se encuentran los sedimentos cretácicos; dato de grandísimo interés por tratarse de una cuenca artesiana profunda, y con mayor razón cuanto que el sondeo efectuado en Alcalá de Henares llegó a la profundidad de 1.000 metros, sin salir de los sedimentos terciarios.

Se terminaron estas observaciones cuando iba a entrar en prensa esta MEMORIA, y teniendo en cuenta las interesantes enseñanzas que han proporcionado, relativas a la tectónica del subsuelo de la región estudiada, publicamos un breve resumen de ellas, facilitado por el Ingeniero Vocal de este Instituto, Sr. Siñeríz, bajo cuya dirección se efectuaron (1).

VICENTE KINDELÁN.

(1) Por estar impresa la Memoria cuando se han terminado estos trabajos, no figura en el Prólogo el Sr. Siñeríz.

## II

## SEGUNDA SERIE DE TRABAJOS

## INVESTIGACION GRAVIMÉTRICA

**Aparatos empleados.**—Para la medición de los gradientes y términos de curvatura se han empleado dos balanzas de torsión, modelo grande, modificado por Schweydar. El reloj eléctrico de contactos del modelo antiguo se ha colocado diametralmente opuesto al aparato de relojería del movimiento acimutal, sirviéndole de contrapeso. En la figura 1 se muestra esta disposición.

La descripción completa de este aparato puede verse en nuestra obra, actualmente en prensa, *Los métodos geofísicos de prospección*.

**Sistema de observación y de cálculo.**—Los trabajos de prospección efectuados con la balanza de Eötvös han puesto de manifiesto que la influencia de la acción del terreno es muy considerable alrededor de la estación, en un radio de tres metros, notándose la influencia de las más pequeñas diferencias de nivel, por cuya razón resultan insuficientes las fórmulas publicadas hasta ahora.

En el interior de la circunferencia de cuatro metros de radio no se consideraba ningún desnivel y en ella se medían cuatro, en las direcciones N.-S. y E.-O. Ahora se toman ochenta en el círculo de tres metros de radio, dividido en diez y seis sectores, donde se miden los des-

niveles, por medio del reglón, a las distancias del centro de 0,60<sup>m</sup>, 1<sup>m</sup>, 1,50<sup>m</sup>, 2<sup>m</sup> y 3<sup>m</sup>, figura 2. Después sólo se consideran ocho direcciones, como en el caso anterior, y se miden los desniveles por medio de un aparato topográ-

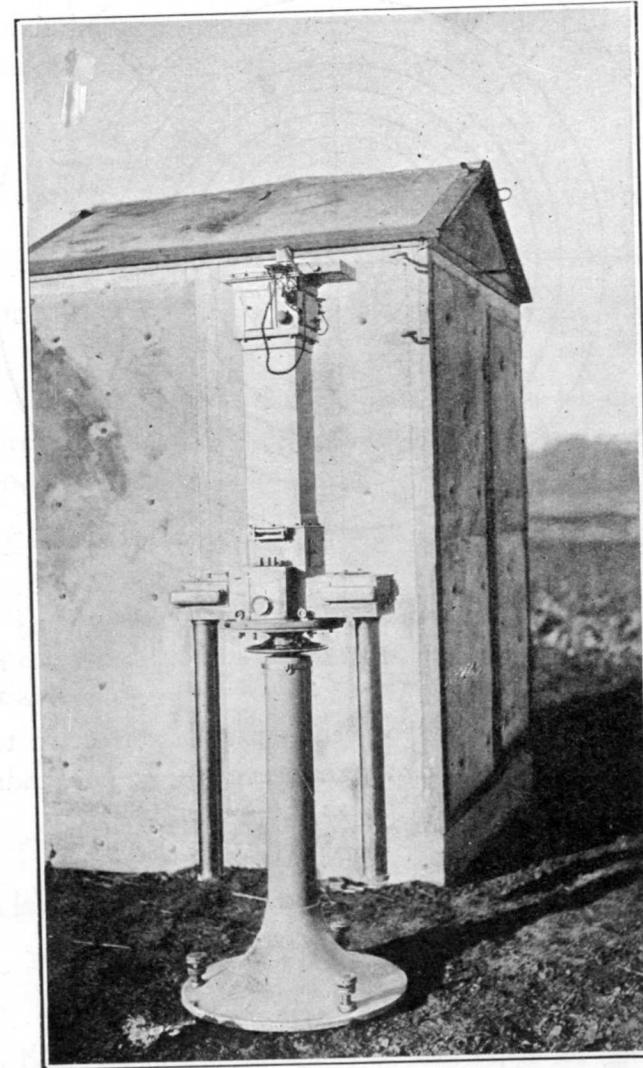


Fig. 1.





INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

INVESTIGACIÓN GRAVIMÉTRICA

ESTADO C

DIFERENCIAS DE NIVEL														
NIVELACION CON REGION - ALTURA DE LA PLACA = 20,5 CM.						NIVELACION CON NIVEL - ALTURA DEL NIVEL 140 CM.								
	ACIMUT	0,60 Metros.	1 Metros.	1,50 Metros.	2 Metros.	3 Metros.	5 Metros.	10 Metros.	20 Metros.	30 Metros.	40 Metros.	50 Metros.	70 Metros.	100 Metros.
$h_1$	N	+ 1,5	+ 2,5	+ 4	+ 5,5	+ 6,5	+ 2	+ 21	+ 46	+ 65	+ 80	+ 85	+ 95	+ 125
$h_2$	N.E	+ 2,5	+ 2,5	+ 3,5	+ 4,5	+ 6,5	0	+ 11	+ 30	0	- 40	- 80	- 100	- 60
$h_3$	E	+ 1,5	+ 0,5	+ 3,5	+ 5,5	+ 6,5	0	+ 8	- 29	- 35	- 45	- 55	- 60	- 60
$h_4$	S.E	- 0,5	- 0,5	+ 0,5	- 0,5	+ 2,5	- 1	- 7	- 29	- 35	- 35	- 35	- 35	- 35
$h_5$	S	- 1,5	- 3,5	- 5,5	- 7,5	- 8,5	- 15	- 24	- 55	- 65	- 80	- 30	- 35	- 35
$h_6$	S.O	- 1,5	- 4,5	- 4,5	- 4,5	- 8,5	- 15	- 32	- 43	- 50	- 55	- 60	- 65	- 70
$h_7$	O	+ 0,5	- 2,5	- 4,5	- 4,5	- 7,5	- 10	- 25	- 15	- 25	- 15	- 10	- 5	0
$h_8$	N.O	+ 0,5	- 0,5	+ 0,5	- 0,5	+ 2,5	- 1	+ 3	+ 24	+ 45	+ 70	+ 100	+ 150	+ 180
$h'_1$	N.NE	+ 0,5	+ 2,5	+ 3,5	+ 6,5	+ 8,5								
$h'_2$	E.NE	+ 1,5	+ 1,5	+ 2,5	+ 6,5	+ 12,5								
$h'_3$	E.SE	+ 0,5	+ 0,5	- 0,5	+ 2,5	+ 2,5								
$h'_4$	S.SE	- 1,5	- 0,5	- 3,5	- 3,5	- 4,5								
$h'_5$	S.SO	- 2,5	- 4,5	- 8,5	- 6,5	- 10,5								
$h'_6$	O.SO	- 1,5	- 4,5	- 5,5	- 5,5	- 8,5								
$h'_7$	O.NO	- 1,5	- 1,5	- 4,5	- 4,5	- 4,5								
$h'_8$	N.NO	+ 1,5	+ 1,5	+ 1,5	+ 2,5	+ 5,5								

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

INVESTIGACIÓN GRAVIMÉTRICA - CÁLCULO DE  $W'_{xz}$  Y  $W'_{yz}$

ESTADO D

	0,60 Metros.	1 Metros.	1,50 Metros.	2 Metros.	3 Metros.	5 Metros.	10 Metros.	20 Metros.	30 Metros.	40 Metros.	50 Metros.	70 Metros.	100 Metros.
$h_2 - h_6$	+ 4	+ 7	+ 8	+ 9	+ 15	+ 15	+ 43	+ 73	+ 50	+ 15	- 20	- 35	+ 10
$h_4 - h_8$	- 1	0	0	0	0	0	- 10	- 53	- 80	- 105	- 135	- 185	- 215

Metros.	$\frac{h_2 - h_6}{(h_4 + h_8)}$	$\times 0,707$	$h_1 - h_3$	$\Sigma$	$\times$	+	Suma
0,60	+ 5	+ 3,5	+ 3	+ 6,5	0,25		
1,00	+ 7	+ 4,9	+ 6	+ 10,5	0,25		
1,50	+ 8	+ 5,6	+ 9,5	+ 15,1	0,25	8,1	+ 13,2
2,00	+ 9	+ 6,4	+ 13	+ 19,4	0,13	2,5	
3	+ 15	+ 10,5	+ 15	+ 25,5	0,10	2,6	
5	+ 15	+ 10,5	+ 17	+ 27,5	0,0746	2,0	
10	+ 53	+ 37,1	+ 42	+ 79,1	0,027	2,1	
20	+ 126	+ 88,2	+ 101	+ 189,2	0,006	1,2	
30	+ 130	+ 91,0	+ 130	+ 221,0	0,0016	0,3	+ 5,9
40	+ 120	+ 86,0	+ 160	+ 244,0	0,0007	0,1	
50	+ 115	+ 80,5	+ 115	+ 195,5	0,0004	0,1	
70	+ 150	+ 105,0	+ 130	+ 235,0	0,0003	0,1	
100	+ 225	+ 157,5	+ 160	+ 317,5	0,00017	»	

Metros.	$\frac{h_2 - h_6}{(h_4 + h_8)}$	$\times 0,707$	$h_3 - h_7$	$\Sigma$	$\times$	+	-	Suma
	+ 3	+ 2,1	+ 1	+ 3,1	0,25			
	+ 7	+ 4,9	+ 3	+ 7,9	0,25			
	+ 8	+ 5,6	+ 8	+ 13,6	0,25			+ 10,7
	+ 9	+ 6,4	+ 10	+ 16,4	0,13	6,2	2,1	
	+ 15	+ 10,5	+ 14	+ 24,5	0,10	2,4		
	+ 15	+ 10,5	+ 10	+ 20,5	0,0746	1,5		
	+ 33	23,1	+ 33	+ 56,1	0,027	1,5		
	+ 20	+ 14,0	- 14	0	0,006		»	
	- 30	- 21,0	- 10	- 31,0	0,0016			+ 2,7
	- 90	- 63,0	- 30	- 93,0	0,0007		0,1	
	- 155	- 108,5	- 45	- 153,5	0,0004		0,1	
	- 220	- 154,0	- 55	- 209,0	0,0003		0,1	
	- 205	- 143,5	- 60	- 203,5	0,00017		»	

Continuación del ESTADO D

	0,60 Metros.	1 Metros.	1,50 Metros.	2 Metros.	3 Metros.
$h'_2 - h'_0$	+ 3	+ 6	+ 8	+ 12	+ 21
$h'_3 - h'_8$	- 3	- 2	- 5	- 6	- 10

Metros.	$\frac{h'_2 - h'_0}{(h'_4 + h'_8)}$	$\times 0,707$	$h'_1 - h'_5$	$\Sigma$	$\alpha$	±	Suma
0,60	+ 6	+ 4,2	+ 3	+ 7,2	0,25		
1,00	+ 8	+ 5,6	+ 7	+ 12,6	0,25		
1,50	+ 13	+ 9,2	+ 12	+ 21,2	0,25	+ 10,2	
2,00	+ 18	+ 12,6	+ 13	+ 25,6	0,13	3,3	+ 17,8
3,00	+ 31	+ 23,7	+ 19	+ 42,7	0,10	4,3	

$W'_{xz} = (+ 13,6 + 5,9).0,9 = + 17,5$

Metros.	$\frac{h'_2 - h'_0}{(h'_4 + h'_8)}$	$\times 0,707$	$h'_1 - h'_5$	$\Sigma$	$b$	±	Suma
0,60	0	0	+ 2	+ 2,0	0,25		
1,00	+ 4	+ 2,8	+ 2	+ 4,8	0,25		
1,50	+ 3	+ 2,1	+ 4	+ 6,1	0,25	+ 3,2	
2,00	+ 6	+ 4,2	+ 7	+ 11,2	0,13	1,5	+ 6,2
3,00	+ 11	+ 7,8	+ 7	+ 14,8	0,16	1,5	

$W'_{yz} = (+ 11,6 + 2,7).0,9 = + 12,9$

Según vemos en el estado D, se calculan primeramente los términos de  $W'_{xz}$  y de  $W'_{yz}$  para las distancias de 0,60<sup>m</sup> a 100<sup>m</sup>, y después los que corresponden a las distancias de 0,60<sup>m</sup> a 3,00<sup>m</sup>, cuyas direcciones difieren 22°,5 de las anteriores. Por esta razón no es posible tomar el promedio de los valores obtenidos de 0,60<sup>m</sup> a 3,00<sup>m</sup>, en los dos casos. El procedimiento que se emplea, que aclararemos con el ejemplo citado, es el siguiente:

En un sistema de ejes rectangulares O A B (fig. 3) se

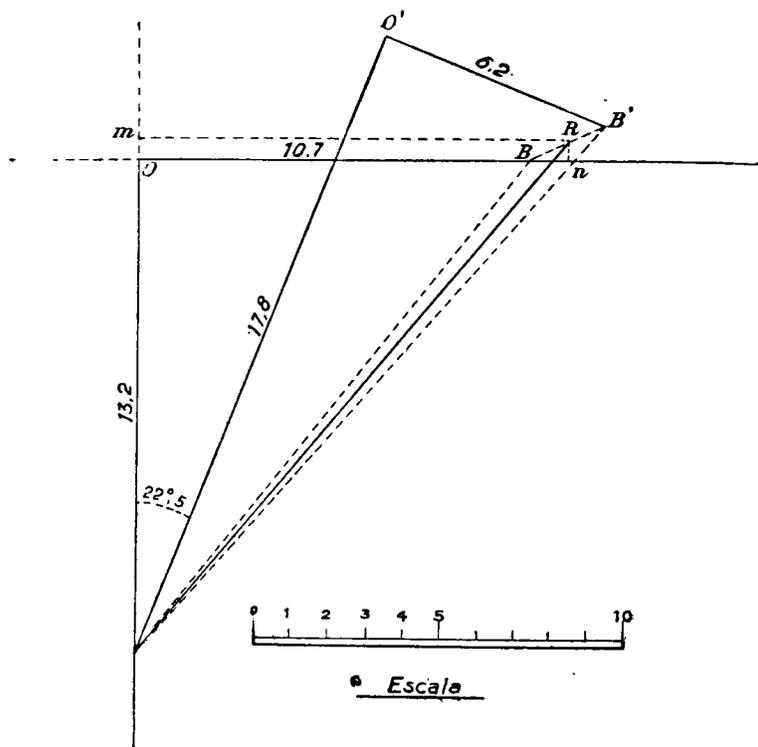


Fig. 3.

toma desde el origen hacia abajo la distancia O A = 13,2, que corresponde al primer caso, según la primer parte del estado D, y hacia la derecha, la distancia O B = 10,7,

calculada también en él. Se obtiene así la resultante AB.

A partir del punto A trazamos una línea AO', que forme un ángulo de 22°,5 con la AO, y en ella tomamos la distancia AO' = 17,8, obtenida en el segundo caso. Perpendicularmente a ella trazamos la recta O'B' = 6,2, correspondiente también al mismo, obteniendo la resultante AB'.

La línea AR representa la resultante total. Sus coordenadas Am = 13,6 y On = 11,6 son los valores buscados,

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

INVESTIGACIÓN GRAVIMÉTRICA — CÁLCULO DE W'Δ Y W'xu

ESTADO E

Metros.	h <sub>1</sub> - h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub> - h <sub>2</sub>	Σ	×	+	-
0,60	0	2	- 2,0	0		
1,00	+ 2	- 1	+ 1,0	+ 0,25		
1,05	+ 0,5	- 1	- 0,5	+ 0,25		
2	0	- 3	- 3,0	+ 0,25		
3	0	- 1	- 1,0	+ 0,25	+ 0,9	
5	+ 2	- 5	- 3,0	+ 0,3	+ 0,9	
10	+ 13	+ 4	+ 17,0	+ 0,2		3,4
20	+ 75	- 40	+ 35,0	+ 0,1		3,5
30	+ 100	- 40	+ 60,0	+ 0,035		2,0
40	+ 125	- 65	+ 60,0	+ 0,02		1,1
50	+ 140	- 20	+ 120,0	+ 0,017		2,0
70	+ 155	- 30	+ 125,0	+ 0,015		1,9
100	+ 185	- 35	+ 150,0	- 0,015		2,3
			Suma.....		+ 1,8	- 16,2

W'Δ = - 14,4.0,9 = - 13,0

Metros.	h <sub>2</sub> - h <sub>4</sub>	h <sub>2</sub> - h <sub>5</sub>	Σ	×	+	-
0,60	+ 3	- 2	+ 1,0	0		
1,00	+ 3	- 4	- 1,0	+ 0,25		
1,05	+ 3	- 5	- 2,0	+ 0,25		
2	+ 5	- 4	+ 1,0	+ 0,25		
3	+ 4	- 11	- 7,0	+ 0,25		2,2
5	+ 1	- 14	- 13,0	+ 0,3		3,9
10	+ 18	- 35	- 17,0	0,2		3,4
20	+ 59	- 67	- 8,0	0,1		0,8
30	+ 35	- 95	- 60,0	0,035		2,0
40	- 5	- 125	- 130,0	0,02		2,5
50	- 45	- 160	- 205,0	0,017		3,5
70	- 65	- 215	- 280,0	0,015		4,3
100	- 25	- 250	- 275,0	0,015		4,2
						- 26,8

W'xu = - 26,8.0,45 = - 12,0

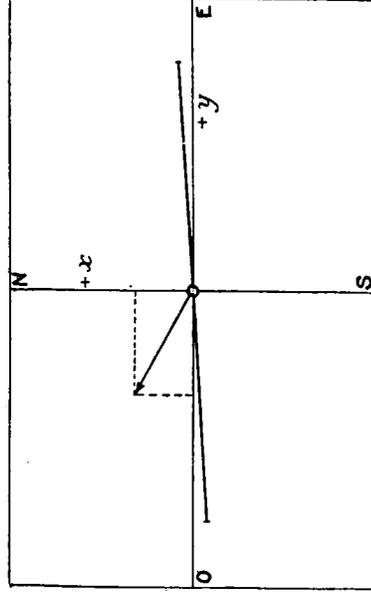
RESUMEN

	Valores observados.	Valores normales.	Valores corregidos.	Acción del terreno.	Valores topográficos	R	$\lambda$
$W_{xz}$	+ 32.4	+ 7.7	+ 24.7	+ 17.5	+ 7.2	61.7	89°—10'
$W_{yz}$	+ 0.9	+ 1.7	— 0.8	+ 12.9	— 13.7		
$W_{\Delta}$	+ 54.7	+ 6.0	+ 48.7	— 13.0	+ 61.7		
$W_{xy}$	— 12.5	— 1.4	— 11.1	— 12.0	+ 0.9		

CÁLCULO DE R Y  $\lambda$

$$\begin{aligned} \log 2 W_{xy} &= 0.25527 \\ \log W_{\Delta} &= 1.79029 \\ \log \tan 2\lambda &= 0.46498 - 2 \\ \text{Signos } \left. \begin{array}{l} \tan -2\lambda = 178^{\circ} - 20' \\ \cos -\lambda = 89^{\circ} - 10' \end{array} \right\} \\ \log W_{\Delta} &= 1.79029 \\ \log \cos 2\lambda &= 1.99982 \\ \log R &= 1.79047 \\ R &= 61.7 \end{aligned}$$

REPRESENTACION GRÁFICA



Escala de los gradientes —  $1''/m = 1 \cdot 10^{-3}$   
Id. de las curvaturas —  $1''/m = 1 \cdot 10^{-3}$

Fig. 4.

**Interpretación de las observaciones efectuadas con la balanza de torsión.**—El efecto de la gravedad en la balanza de Eötvös consta de dos partes: Una de ellas debida a la separación horizontal de los contrapesos y otra a la vertical.

Para estudiar la primera, supongamos (fig. 5) que la masa  $m'$  está colocada en el extremo del balancín, en la posición  $m''$ . Las fuerzas gravificas que actúan en  $m$  y  $m''$  no estarán, en general, en el plano determinado por la varilla y el hilo de suspensión, y podrán dividirse en dos componentes: una vertical, contenida en ese plano, y otra horizontal.

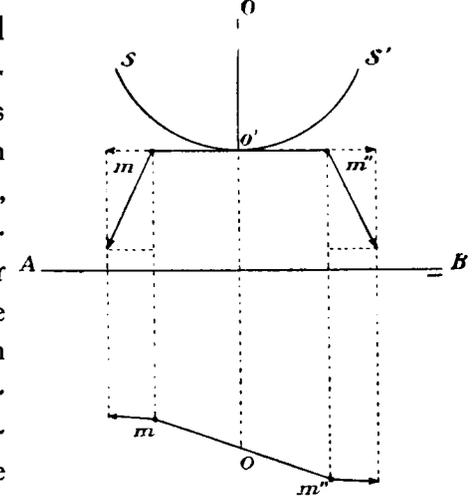


Fig. 5.

Las dos verticales darán una resultante que se equilibrará con la resistencia del hilo de suspensión, y las segundas un par de giro, que producirá el movimiento angular del brazo. Suponiendo que la superficie de nivel que pasa por el centro de gravedad de la balanza es cóncava hacia arriba, como sucede en el caso de un sinclinal (fig. 5), los valores de la gravedad en  $m$  y  $m''$  serán divergentes, y sus componentes horizontales, como se ve en la proyección horizontal correspondiente de la misma figura, irán dirigidas hacia afuera.

Si la superficie de nivel considerada fuese convexa hacia arriba, como en el caso de la figura 6, las compo-

nentes horizontales de la gravedad irán dirigidas hacia adentro. En el primer caso, la balanza tenderá a girar en el sentido contrario a las agujas de un reloj, y en el segundo, girará en el mismo sentido.

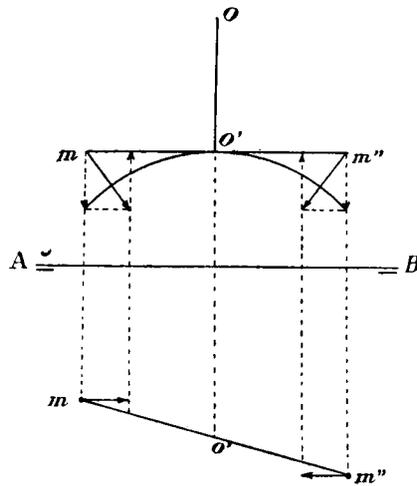


Fig. 6.

Consideremos las dos secciones principales que corresponden al punto o' de la superficie de nivel y supongamos que ésta es cóncava hacia arriba, como en el caso de la figura 6. Esas dos secciones, perpendiculares entre sí, gozan

de la propiedad de contener los radios de mayor y menor curvatura.

Sean PQ y MN las tangentes a dichas secciones (fig. 7), de mayor y menor curvatura, representadas en la misma figura. En ambas la intensidad total de la gravedad, normal a la superficie de nivel, dará lugar a dos componentes horizontales distintas. La primera, o sea la de mayor curvatura; tendrá el valor máximo, y la segunda, el mínimo. Si suponemos orientada la balanza en una posición intermedia m m'', las componentes horizontales tendrán un valor comprendido entre ambos, y el par de giro correspondiente actuará sobre la balanza, tendiendo a aproximarla a la posición PQ, hasta donde lo permita el par de torsión del hilo de suspensión.

Si la balanza estuviera orientada en esa dirección de mayor curvatura PQ, el equilibrio se verificaría sin tor-

sión del hilo, puesto que las dos componentes horizontales actuarían en direcciones opuestas.

En el caso de que la superficie de nivel fuese convexa hacia arriba, como en un anticlinal, la posición de equilibrio sin torsión sería la de menor curvatura MN.

El valor del par que actúa en m m'' es proporcional a la diferencia de las inversas de los radios de curvatura, y representándole por R sabemos que tiene por expresión:

$$(8) \quad R = g \left( \frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right) = \left( \frac{d^2W}{dy^2} - \frac{d^2W}{dx^2} \right) \frac{1}{\cos 2\lambda}$$

El ángulo  $\lambda$ , como también, hemos dicho, se calcula por medio de su tangente.

$$(9) \quad \text{tang } 2\lambda = - \frac{\frac{2d^3W}{dx \cdot dy}}{\frac{d^2W}{dy^2} - \frac{d^2W}{dx^2}}$$

Por medio de estas ecuaciones podremos calcular R y  $\lambda$ , o sea el valor del par y la dirección de una de las secciones principales.

En el caso de un sinclinal, la dirección del término de curvatura ya hemos dicho que será la de mayor valor de la misma, o sea la transversal, es decir, normal al eje de thalweg, y en el de un anticlinal la de menor curvatura, o sea la dirección del mismo.

Recíprocamente, la dirección de los térmi-

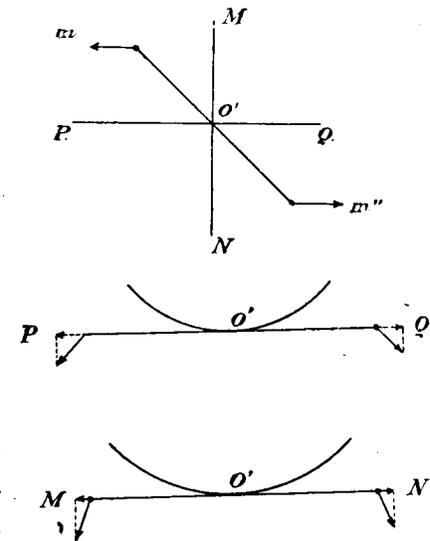


Fig. 7.

nos de curvatura nos permitirá conocer la del anticlinal o sinclinal, según el caso, y sus valores indicarán la mayor o menor proximidad de la estación al eje de aquéllos, pues según ya hemos dicho, los valores máximos y mínimos de  $R$  corresponden a las secciones principales.

Como en todo sinclinal o anticlinal, la dirección de estratificación es la de menor curvatura, o sea la del thalweg; el término  $R$  nos permitirá conocer ésta siempre que, por medio de los gradientes, podamos presumir la clase de estructura que le corresponda.

Consideraremos un ejemplo, aplicable al problema geológico de Alcalá de Henares. Supongamos un sinclinal de densidad  $\sigma'$ , relleno de sedimentos más ligeros, con densidad  $\sigma$  (fig. 8).

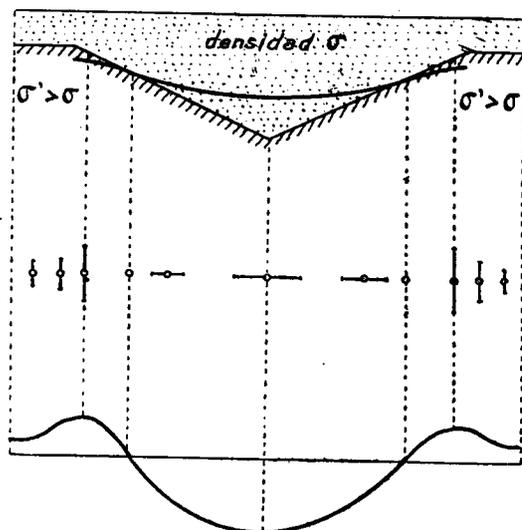


Fig. 8.

El término de curvatura  $R$  se le puede representar por la fórmula  $R = \left( \frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right) g$  y, como en este caso,  $\rho_2 = \infty$ ,  $R$  será igual a  $\frac{g}{\rho_1}$ . A medida que aumente  $\rho_1$ , dis-

minuirá  $R$  y recíprocamente. En el fondo del sinclinal el radio de curvatura es mínimo, luego  $R$  es máximo. A medida que avanzamos sobre los flancos,  $R$  irá disminuyendo, hasta llegar a una posición en la cual la superficie de nivel pasa de cóncava a convexa, en cuyo caso  $\rho = \infty$ , y por lo tanto  $R = 0$ . A partir de esa posición el radio de curvatura disminuye rápidamente, aumentando  $R$ , hasta un máximo, colocado muy cerca de los bordes, en los que vuelve a disminuir.

Consideremos, por último, el efecto debido a la separación vertical de los contrapesos. Sean  $S_1$  y  $S_2$  las superficies de nivel (fig. 9) que pasan por  $m_1$  y  $m_2$ . La fuerza  $m_2 g_2$  se podrá descomponer en otras dos, una de las cuales,  $m_2 g$ , se compense con la resistencia del hilo, y otra

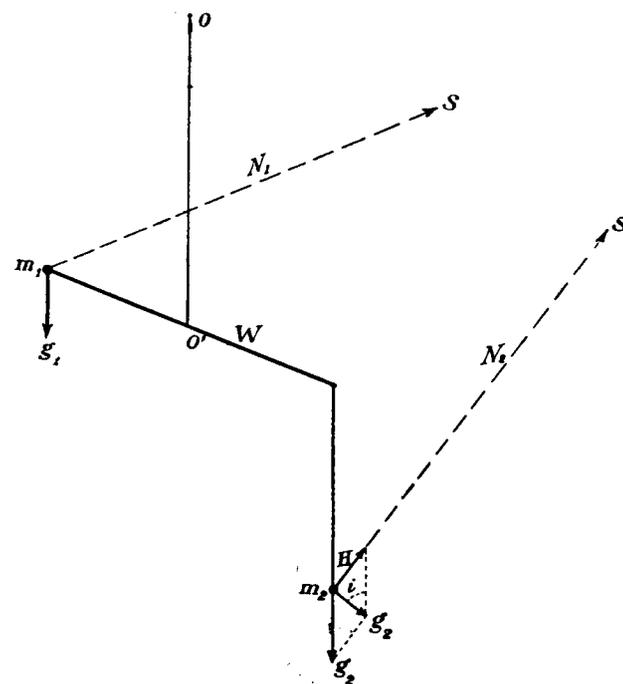


Fig. 9.

horizontal,  $m_2 H$ , que obliga a girar al brazo de la balanza. Se demuestra que esta componente horizontal es proporcional al gradiente.

Luego el giro de la balanza depende, por una parte, de la magnitud y dirección del término de curvatura, como antes hemos dicho, y, por otra, de las magnitudes de los gradientes.

Examinemos el caso del sinclinal simétrico primeramente estudiado (fig. 10). Por razones de simetría el gradiente es nulo en el eje del sinclinal y se dirige después en direcciones opuestas y hacia afuera. El máximo se presenta un poco antes de sus bordes, desde los que disminuye rápidamente.

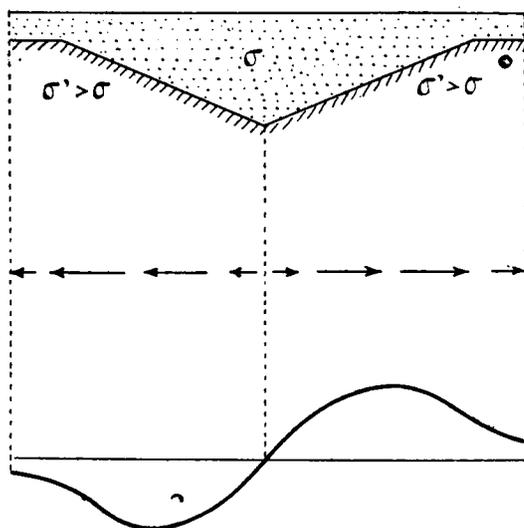


Fig. 10.

#### ESTUDIO e INTERPRETACIÓN DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS

Primeramente empezamos las observaciones en la zona de Alcobendas-Paracuellos del Jarama, efectuando el número máximo de estaciones que permitían las vías de comunicación y las condiciones topográficas del terreno. En la lámina adjunta pueden verse los perfiles, situados entre las dos localidades citadas, que forman una densa red de estaciones.

Examinando la magnitud y dirección de los gradientes y curvaturas encontrados podemos comprobar una uniformidad análoga a la obtenida en los perfiles del estudio general, verificados anteriormente. Los gradientes varían muy poco de unas estaciones a otras y se dirigen, en casi todas ellas, hacia el SE., indicándonos un subsuelo más denso, cuya profundidad disminuye en esa dirección.

En vista de que los resultados obtenidos no resolvían el problema propuesto de la determinación de la cuenca cretácea subyacente, fué preciso hacer un plan general de trabajo, de acuerdo con el ilustre Director del Instituto Geológico y Minero, Sr. de la Peña, que nos permitiese obtener datos de la infraestructura del terreno en toda la región objeto del estudio.

Este plan, en líneas generales, consistía en efectuar cuatro perfiles gravimétricos, en dirección aproximada

de Norte a Sur, con estaciones situadas a dos kilómetros de distancia mutua que, desde los afloramientos cretácicos situados en la falda de la Sierra de Guadarrama, llegaran hasta el centro de la zona de estudio y los transversales necesarios para enlazar los anteriores entre sí y con los de la anterior investigación.

De esta manera tenía que aparecer la situación del fondo de la cuenca cretácica, situada debajo de la terciaria, toda vez que las mediciones efectuadas nos demostraban que en la zona de Alcobendas-Paracuellos nos encontrábamos ya sobre su falda ascendente.

Los resultados obtenidos, que detallaremos después, nos han confirmado esta hipótesis, determinando de manera que no da lugar a dudas la posición del eje de la cuenca en su parte más profunda.

El primer perfil observado va desde Torrejón de Ardoz a Torrelaguna, pasando por Ajalviz, Cobeña, Algete, Fuente el Saz, Valdetorres y Talamanca.

Comprende las estaciones 52, 51, 50, 49, 8, 48, 47, 46, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 y 36.

El segundo parte de Madrid y llega hasta la zona situada al Norte de El Molar, por Fuencarral, Alcobendas, Fuente del Fresno y San Agustín.

Comprende las estaciones 95, 94, 83, 82, 21, 20, 19, 18, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 76, 71, 75, 74, 72 y 73.

El tercero, desde Madrid a Colmenar Viejo, parte de la estación 83, del anterior, y comprende las que llevan los números correlativos desde el 84 al 93.

Y el cuarto que, desde Aravaca, llega hasta los afloramientos graníticos de Torreldones, por la carretera de La Coruña. Comprende las estaciones numeradas desde el 96 al 105.

Como perfiles transversales podemos mencionar el

de Fuente del Fresno a Fuente el Saz, el de la primera localidad citada a Algete; el de Alcobendas a Ajalvir, por Paracuellos del Jarama, y los situados entre estos dos pueblos.

El enlace de la red de estaciones observadas con los perfiles efectuados en el año anterior, bajo la dirección del señor Landelán, se hizo por las líneas Ajalvir, Daganzo y Alcalá de Henares; Fuente el Saz a El Casar de Tamanca y por las estaciones situadas al Sur y al Poniente de Aravaca.

Vamos a estudiar detenidamente los resultados obtenidos en los distintos perfiles. En el primero vemos una tendencia general de los gradientes hacia el SE, desde Torrejón de Ardoz hasta Fuente el Saz, por Cobeña y Algete. Sólo hay discrepancia en la estación 50, producida, seguramente, por alguna perturbación local. Desde Fuente el Saz a Valdetorres, la dirección de los gradientes tiende francamente hacia el Este y en este último pueblo cambia bruscamente y se dirige hacia el Norte. En la estación 29 tiene el valor mínimo, luego el eje del sinclinal, formado por la cuenca cretácica, debe estar bajo esta estación. Sin embargo, si consideramos las estaciones siguientes, números 30 y 31, podemos comprobar la discrepancia entre las direcciones de los gradientes y el gran valor del término de curvatura que corresponde a la 31. Por esta razón creemos que el eje del sinclinal cretácico está comprendido entre estas dos estaciones. Para precisar su posición bastaría efectuar entre ambas algunas observaciones más.

En el segundo perfil observamos indicaciones análogas. Los gradientes de las estaciones situadas desde Madrid a Fuente del Fresno, por Fuencarral y Alcobendas, se dirigen hacia el SE y hacia el Este. Al Norte de

Fuente del Fresno continúan en esta dirección; pero poco antes de llegar a San Agustín, entre las estaciones 68 y 69, cambian por completo de rumbo y se dirigen al NO, lo que nos indica haber pasado por el eje de la cuenca y encontrarnos en la falda opuesta. Como además el término de curvatura de la estación 68 es un máximo relativo, esta estación reúne todas las condiciones exigidas por la teoría para indicar la posición del eje sinclinal de la cuenca infrayacente.

En el perfil número tres los gradientes tienden hacia el SE, desde Madrid a la mitad de la distancia que separa Fuencarral de Colmenar Viejo. En la estación 84 se presenta una anomalía local, debida a la acción del terreno. Entre las estaciones 87 y 88 se invierte la dirección de los gradientes, conservándose esta inversión en todas las sucesivas, a excepción de la 92. Los términos de curvatura de las mencionadas estaciones números 87 y 88 tienen los valores máximos en el perfil y sus gradientes los valores mínimos, por lo que es indudable que el eje de la cuenca buscado pasa entre estas estaciones y más próximo a la 87 que a la 88.

Observemos que los tres puntos determinados para el eje de la cuenca están próximamente en línea recta y paralela a la del afloramiento del estrato cristalino de la sierra de Guadarrama. Los gradientes al Norte de esta línea son siempre mayores que los de la parte Sur, aun en las regiones alejadas de la sierra, donde pudiera ejercer influencia sobre ellos la mayor densidad del estrato cristalino. Esto nos indica que la pendiente del flanco Norte de la cuenca es más rápida que la del Sur.

Continuando el examen de los perfiles, vemos en el número cuatro que todos los gradientes, desde Aravaca a Torreldones y a Villanueva del Pardillo, se dirigen

en dirección contraria a la que tenían en la región de Alcalá de Henares. Comparando las direcciones que poseen en Torrelaguna y Madrid, límites de nuestra investigación por el Norte y por el Sur, respectivamente, observamos el mismo cambio de dirección.

Siguiendo el perímetro de la zona de estudio, todos los gradientes se dirigen hacia el exterior de la misma, por lo que podemos concluir diciendo que la cuenca cretácea infrayacente, cuya mayor densidad con respecto a la terciaria que la oculta es la causa de las variaciones de magnitud y dirección de los parámetros gravíficos, es una cuenca cerrada, de forma alargada, cuya línea del thalweg se dirige desde el Monte de El Pardo a Valdetorres. Su parte más profunda debe estar en el citado monte, donde hubiera sido muy interesante efectuar algunas estaciones, de haber poseído las autorizaciones necesarias para ello.

**Curvas isógamas.**—Si en una zona se han efectuado gran número de observaciones con la balanza de torsión y se han calculado los valores  $\Delta g$ , con respecto a una estación de origen, en la que se haya determinado el valor de  $g$  por medio de observaciones pendulares, podremos conocer los valores de la gravedad que corresponden a todas ellas. Si, además, suponemos que las estaciones están lo suficientemente próximas para que sus variaciones puedan considerarse como una función lineal de sus coordenadas, podremos emplear el método de la interpolación uniforme para calcular los valores que corresponden a los puntos en que no se ha hecho estación.

Uniéndolo por medio de curvas los puntos del mismo valor obtendremos las líneas *isógamas*, de aspecto comparable a las curvas de nivel de un plano topográfico.

Cuando los gradientes empleados en la determinación de  $\Delta g$  sean los de la perturbación subterránea, las curvas se llaman *isógamas de la perturbación subterránea*, o simplemente *isógamas*, por ser las únicas que interesan en la prospección.

De modo que para calcular la influencia que ejercen las masas subterráneas en el valor de la gravedad habrá que restar del valor determinado por medio del péndulo el normal que le corresponde, con arreglo a la latitud y el gradiente corregido de la acción del terreno, la cartográfica y la normal.

En la investigación en que nos ocupamos, se ha tomado el valor de  $g$ , determinado para Madrid, por el Instituto Geográfico y Catastral, calculándose las diferencias  $\Delta g$  para todas las estaciones observadas.

Tomando para equidistancia de las curvas dos unidades del tercer orden decimal, en el sistema C. G. S., se han trazado las representadas en la lámina adjunta, cuya interpretación salta a la vista.

La forma de la cuenca concuerda exactamente con la obtenida por medio de los gradientes.

Estos notables resultados de la prospección gravimétrica en la zona de Alcalá de Henares, así como de la sísmica, en que después nos ocuparemos, son debidos a la homogeneidad de los sedimentos terciarios que cubren la cuenca cretácica, a su horizontalidad y a la estructura topográfica del terreno, que no es desfavorable, a excepción de pequeñas extensiones.

#### INVESTIGACIÓN SISMICA

**Aparatos empleados.**—En la investigación sísmica efectuada en Alcalá de Henares hemos empleado los sismógrafos de Mintrop, transmitiendo el momento de la explosión por telegrafía sin hilos, en los perfiles de gran longitud, y por medio de corriente continua en los de pequeña.

El sismógrafo de Mintrop pertenece al grupo de aparatos que sirven para la determinación directa del movimiento del suelo.

Su masa (1) está sujeta a un muelle plano (3) (figura 11), como en el péndulo de Vicentini, unido a una peana de hierro (2). Sobre la masa se apoya un cono de chapa de aluminio, de muy poco espesor (4), que sirve como palanca amplificadora del movimiento de la masa. Este cono está unido por su vértice a una pletina delgada, de hierro,  $a b a' b'$  (fig. 12), curvada en ángulo recto y terminada, en su parte superior, en una barrita,  $a b$ , cuya superficie servirá para transmitir por rozamiento las oscilaciones de la masa.

Para disminuir el peso se ha vaciado en su interior el rectángulo que aparece en la figura. Perpendicularmen-

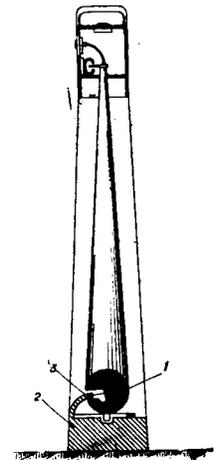


Fig. 11.

te a la varilla *ab*, o sea en posición vertical, hay otra análoga, *cd*, tangente a la primera en su punto medio y susceptible de girar alrededor de su eje. La varilla *cd* sirve de soporte a una placa, *ef*, en cuyo centro hay un espejo plano.

Los movimientos de la masa pendular, bajo la influencia de las oscilaciones del suelo, se transmiten a la varilla *ab* por medio del cono de aluminio. Esta varilla

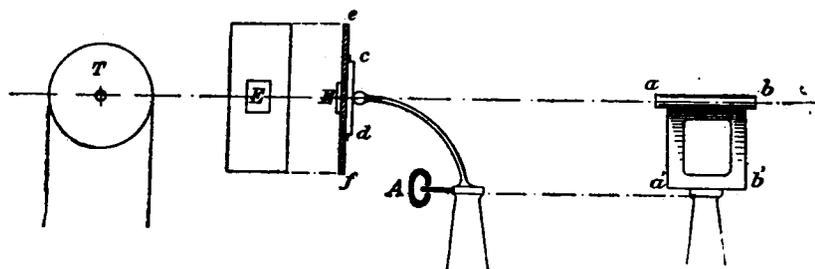


Fig. 12.

se mueve irregularmente y no puede producir sobre la *cd* más que giros alrededor de su eje que, como hemos dicho, es vertical. Por consiguiente, el espejo *E* participará del mismo movimiento, y los rayos luminosos incidentes, que proceden de una lámpara eléctrica, colocada convenientemente, se reflejarán desplazándose horizontalmente sobre un tambor, *T*, colocado en una cámara oscura con el eje de rotación horizontal y perpendicular al plano de la figura y nos inscribirán el sismograma.

Para aumentar el rozamiento entre *ab* y *cd* ambas varillas están imantadas.

El movimiento vertical del cono de aluminio está amortiguado por medio de una varilla de hierro dulce, que se mueve entre los polos de un imán permanente, en forma de *C*, representado en la figura 12 con la letra *A*.

El aparato tiene una altura total de 80 centímetros y un peso de ocho kilos. En su parte superior tiene un asa para transportarlo con comodidad.

Al colocarlo en el terreno se debe practicar un pequeño hoyo para hacer desaparecer la tierra suelta y obtener un contacto más íntimo entre la peana y aquél. Después de colocado el sismógrafo en el hoyo y nivelado, por medio de un nivel de burbuja que tiene en su parte superior, se rellenan de tierra los intersticios que resulten y se apisona ésta con los pies, rectificando ligeramente la nivelación si así es necesario.

**Aparato registrador.**—El aparato registrador está contenido en una caja metálica, en forma de escuadra, colocada sobre un trípode de patas alargables (fig. 13), terminado superiormente en una placa rectangular sobre la que se apoya aquél.

En su parte superior hay una lamparita eléctrica (1), colocada en una pequeña oquedad, que envía el rayo luminoso al espejo del sismógrafo. La corriente eléctrica necesaria para ello está suministrada por una pila seca de dos voltios, colocada en la cámara (2). La película fotográfica está arrollada en la bobina (3) y pasa, guiada convenientemente por medio de rodillos, frente a la ventanilla (4) donde incide el rayo reflejado por el espejo del sismógrafo. En la caja (5) está colocado el aparato de relojería que sirve para producir el movimiento de la película. Un vibrador colocado en (6) mueve una

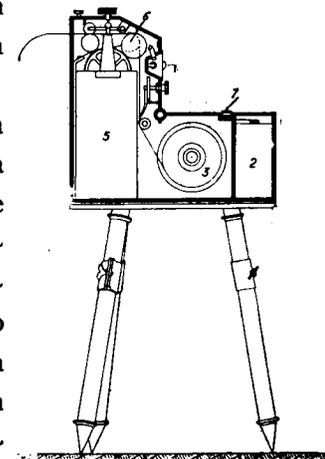


Fig. 13.

pantallita provista de un orificio, que interrumpe el rayo luminoso procedente de la lámpara a intervalos iguales de tiempo, marcando una serie de puntos sobre el sismograma, que sirven para medir aquél. Este rayo luminoso llega a la película por medio de una lente cilíndrica, colocada debajo de la ventanilla (4).

El aparato va provisto de un nivel esférico (7), para colocarlo en posición horizontal por medio del alargamiento o acortamiento de las patas del trípode.

**Práctica operatoria.**—Distinguiremos dos casos. El primero, cuando se trate de perfiles de longitud pequeña, hasta 500 metros, y el segundo, para perfiles de mayor longitud, pudiendo alcanzar con facilidad diez o doce kilómetros.

Como ejemplo del primer caso presentaremos la línea sísmica situada cerca de *El Molar*, efectuada en la investigación de Alcalá de Henares por el Instituto Geológico y Minero de España, bajo mi inspección inmediata (\*).

En un lugar situado fuera de las vías de comunicación colocamos la tienda de campaña con un solo sismógrafo. Esta tienda sirve de cámara oscura, por lo que ha de cerrarse herméticamente. Se efectuaron seis explosiones sucesivas, a una distancia mutua de 40 metros, según se aclara en la figura 14.

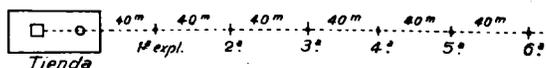


Fig. 14.

La primera operación es colocar el péndulo en te-

(\*) Para más detalles, véase mi obra, actualmente en prensa, «Los Métodos geofísicos de Prospección».

reno firme y nivelarlo cuidadosamente con ayuda de su nivel esférico y montar el aparato registrador en el trípode a una distancia de aquél de un metro próximamente.

Al lado del sismógrafo se coloca el aparato indicador del momento de la explosión, montado en su trípode. Este aparato consta de una bobina, por la que pasa la corriente de una batería de acumuladores, en cuyo interior hay un núcleo de hierro dulce. Mientras circula la corriente, el núcleo atrae a la armadura que sirve de soporte a un pequeño espejo, y si aquélla se interrumpe, la armadura y, por consiguiente, el espejo quedan libres. La corriente se interrumpe por la explosión misma del barreno mediante dos conductores que parten de la bobina y terminan en el detonador (fig. 15).

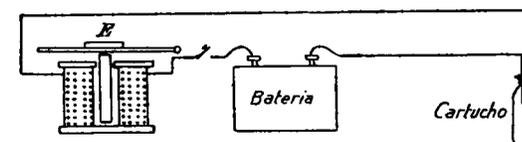


Fig. 15.

Se enciende la lamparita O del aparato registrador (figura 16) y los rayos luminosos se reflejan en los dos espejos: en el del péndulo y en el de la bobina, dándonos dos imágenes del filamento de aquélla. Estas imágenes son dos trazos verticales, como los representamos en la figura 17. Es preciso colocar estas imágenes en el trozo de película fotográfica situada bajo la ventanilla P, de manera que queden suficientemente separadas.

Para conseguirlo se buscan las imágenes con un trozo de papel blanco, que se aleja o separa de los espejos hasta que se obtiene la intensidad luminosa máxima que corresponde a la distancia focal de las lentes colocadas

delante de ellas. Como esta distancia es de un metro, las imágenes caerán muy cerca de la ventanilla. Se acerca o separa lo necesario el aparato registrador, actuando también sobre las patas del trípode hasta conseguir el objeto propuesto.

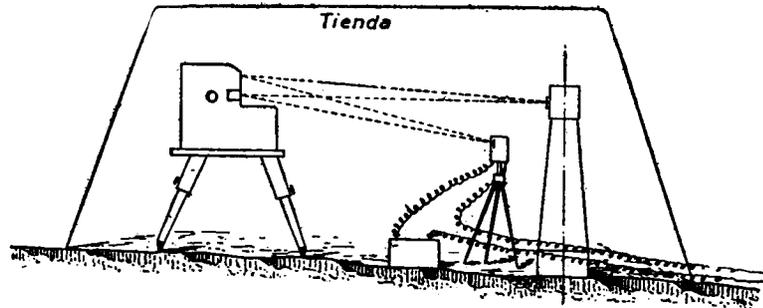
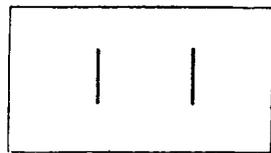


Fig. 16.

Se establecen las conexiones eléctricas del circuito del aparato de los tiempos de explosión y se prueba éste abriendo y cerrando un interruptor para comprobar el movimiento del espejo correspondiente.



Ventana P

Fig. 17.

Otro operador ha estado preparando la carga del barreno, y una vez terminada, avisa a la estación registradora, de viva voz o por teléfono, si no se trata de las primeras explosiones, que el barreno está listo, así como separado el personal a prudente distancia.

Un tercer operador, situado fuera de la tienda y al lado de ella, empuña la magneto que ha de enviar la corriente al detonador del barreno para producir la explosión (fig. 18).

El operador del interior de la tienda da una voz preventiva y la ejecutiva de *fuego*, poniendo a la vez en mar-

cha el aparato de relojería que mueve la película fotográfica. Al oír la voz de *fuego*, el ayudante, situado al lado de la tienda, la repite en alta voz y gira la manecilla de la magneto, produciéndose la explosión.

En la película fotográfica queda impresionado el sismograma, que se revela y fija inmediatamente.

Los hilos que van desde el aparato de los tiempos al detonador se utilizan también para la línea telefónica.

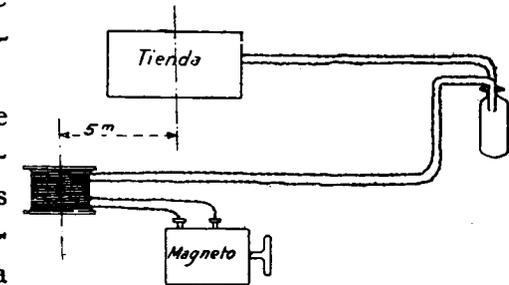


Fig. 18.

Esta operación se repite para los demás barrenos, en igual forma.

Si hubiésemos colocado seis sismógrafos a la vez, no hubiera sido preciso más que una explosión, obteniendo un importante ahorro de dinamita.

En el segundo caso, o sea cuando se trata de líneas de gran longitud como las que hemos efectuado en Alcalá de Henares para investigar la cuenca cretácea subyacente, situada a más de 1.500 metros de profundidad, es indispensable el empleo simultáneo de varios aparatos para no consumir una excesiva cantidad de explosión.

El jefe del equipo elige los emplazamientos de las tiendas y del barreno. En cada una de ellas, el operador correspondiente realiza las operaciones que hemos descrito, con la única diferencia de que el espejo de los tiempos está accionado por corriente de alta frecuencia, procedente de un aparato emisor de telegrafía sin hilos, montada a unos 500 metros del lugar de la explosión (figura 19).

El ayudante que acciona la magneto de encendido está al lado del operador de la estación radiotelegráfica.

El jefe del equipo recorre en automóvil todas las estaciones, cerciorándose de la normalidad de su funcionamiento. Presencia la carga del barreno, y cuando está seguro de la hora a la que puede efectuarse la explosión, vuelve a todas las estaciones registradoras para comunicársela, así como al radiotelegrafista.

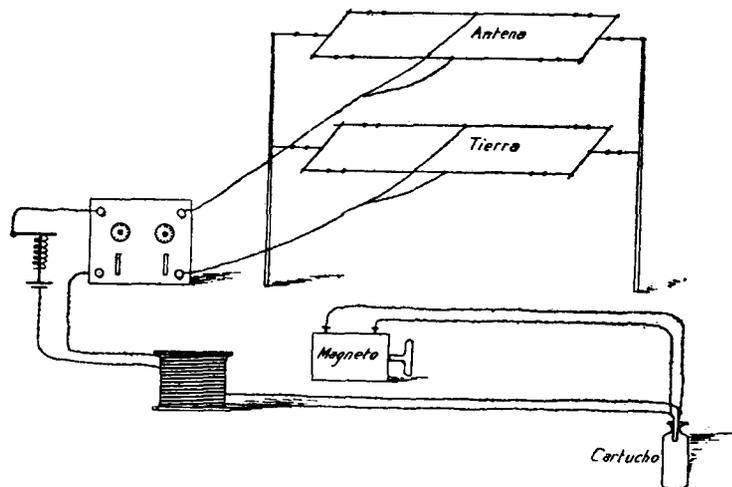


Fig. 19.

Una hora antes empieza éste a transmitir señales convenidas, de quince en quince minutos, que sirven también para comprobar el estado de los relojes de cada uno. En el minuto anterior a la hora convenida emite señales preventivas hasta que, al terminar éste, transmite la ejecutiva, dando la voz de *fuego* simultáneamente. El ayudante que tiene al lado produce la explosión, girando la manecilla de la magneto. Los operadores de los aparatos ponen en marcha sus correspondientes películas, obteniéndose los sismogramas.

En la investigación de Alcalá de Henares hemos trabajado con cuatro sismógrafos simultáneamente, estudiando perfiles de ocho kilómetros de longitud y aún mayores.

Ya hemos dicho que el tiempo de la explosión se registra por medio del transmisor eléctrico. Desde el detonador del barreno parten dos hilos que van a terminar en un *relais*, después de haber intercalado en el circuito una batería de acumuladores (fig. 19). En el momento de la explosión se interrumpe este circuito y la armadura del *relais* se desprende, actuando sobre el aparato emisor, que deja de emitir en aquel instante, haciendo girar el espejo de los tiempos de cada aparato registrador.

ESTUDIO DE LAS MEDICIONES SÍSMICAS EFECTUADAS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Por el procedimiento que acabamos de explicar, cada estación nos suministra un sismograma como el representado esquemáticamente en la figura 20. En él vemos el punto de interrupción O de la gráfica correspondiente al aparato indicador de los tiempos, que nos señala el

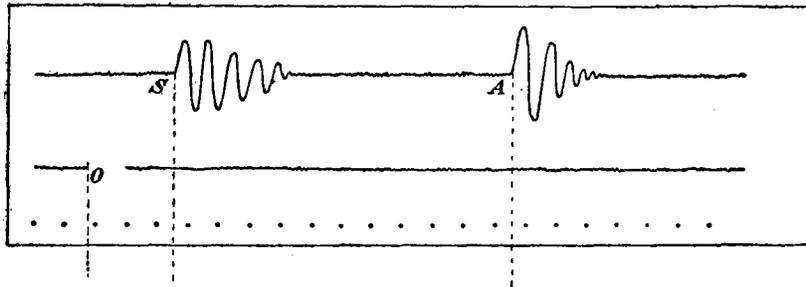


Fig. 20.

momento de la explosión; el punto S, que corresponde al momento de la llegada de la onda sísmica a la estación, y el A, que corresponde a la onda sonora, que se propaga por el aire.

En la parte inferior de la banda fotográfica están marcados los puntos que miden el tiempo. La distancia entre cada dos corresponde a  $\frac{1}{60}$  de segundo.

En cada sismograma podemos medir el tiempo transcurrido entre O y S, o sea el que ha tardado la onda sísmica en recorrer el espacio que media entre el lugar de la explosión y el emplazamiento del sismógrafo, cuya distancia nos es conocida exactamente.

Tomando como abscisas de un sistema de ejes coordenados rectangulares dichas distancias, y como ordenadas los tiempos medidos en los distintos sismogramas, podemos construir, por puntos, la curva dromocrónica, que nos permite conocer la velocidad aparente de propagación del rayo sísmico.

Como ejemplo presentaremos la curva dromocrónica correspondiente al perfil número 2 de la investigación sísmica en que nos ocupamos (fig. 21).

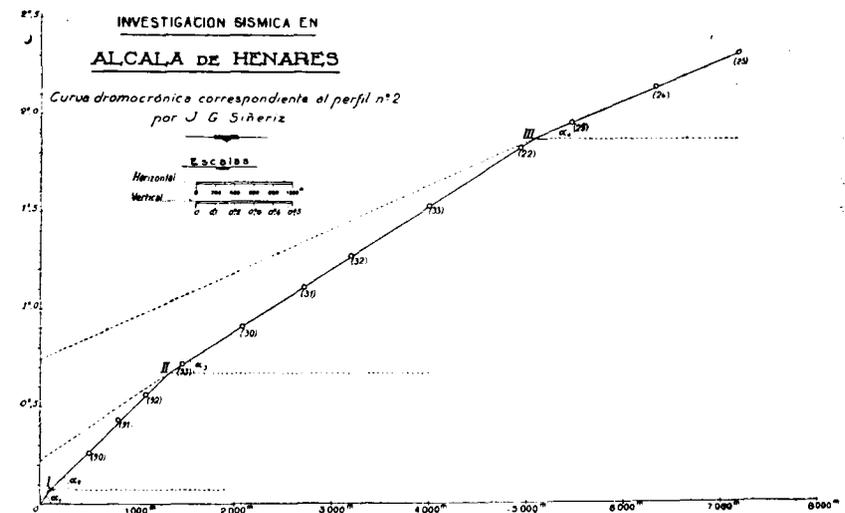


Fig. 21.

Este perfil tiene una longitud de 7.250<sup>m</sup>. Está dirigido de SE a NO, y su parte media cae próximamente en el pueblo de Daganzo de Arriba.

Con el objeto de determinar la velocidad aparente de propagación de las ondas, en la capa más superficial se empezó por observar un perfil corto, colocando las estaciones a

20m, 40m, 60m, 80m, 100m y 120m,

del lugar de la explosión.

Se empleó un solo aparato y se hizo variar la distancia al barreno, empleando las cargas de dinamita siguientes:

0,05.kg., 0,11.kg., 0,11.kg., 0,22.kg., 0,33.kg. y 0,38.kg.

Así obtuvimos el trozo de la curva dromocrónica O I, que forma con el eje de las X el ángulo  $\alpha_1$ , cuya cotangente es el valor de la velocidad  $v_1$  buscada, que resulta ser de 1600 m/segundo, como corresponde al terreno cuaternario y a la cubierta detrítica del terciario.

Después efectuamos la explosión de 25 kg. de dinamita en el mismo punto de origen del perfil, con los cuatro sismógrafos colocados en las posiciones (90) (91) (92) y (93), situadas a

500m, 800m, 1.090m y 1.465m

de aquél. Los sismogramas obtenidos nos permitieron construir los puntos citados de la curva. Los (90) (91) y (92) están situados en una línea recta que forma el ángulo  $\alpha_2$  con el eje de las distancias, lo que nos prueba que la velocidad de las ondas ha variado en el punto I, por ser distintas las condiciones elásticas de las capas atravesadas. La velocidad  $v_2$  correspondiente es de 1818 m/segundo, que nos indica que el rayo sísmico se ha propagado en el terreno terciario.

Una nueva explosión de 100 kgs. de dinamita, en el

origen, con los sismógrafos colocados en las posiciones (30) (31) (32) y (33), situados a las distancias de

2.085m, 2720m, 3.200 y 4.000m

nos permitió determinar la posición de los puntos correspondientes de la curva dromocrónica. Los cuatro puntos determinados y el (93) de la explosión anterior, nos determinan otra línea recta que forma el ángulo  $\alpha_3$ , con el eje de las X. La velocidad de las ondas sísmicas en los estratos atravesados, es de 3124 m/segundo. Esta variación de velocidad con respecto a la obtenida anteriormente no nos indica un horizonte estratigráfico distinto, sino un cambio de composición que haga variar las condiciones elásticas. En este caso sabemos, por los datos obtenidos en el sondeo de Alcalá de Henares, que es debida al aumento de la proporción de caliza y yeso de las capas inferiores del terciario.

Para atravesar con las ondas sísmicas todo el terreno terciario efectuamos en el origen otra explosión de 175 kilogramos de dinamita. Los sismógrafos estaban colocados en las posiciones (22) (23) (24) y (25), a las respectivas distancias de aquél,

4.995m, 5.505m, 6.300m y 7.250m

La medición de los sismogramas obtenidos nos permitió construir los mencionados puntos de la curva dromocrónica.

El primero de ellos, el (22), está en la alineación de los anteriores, lo que nos prueba que el rayo sísmico que llegó al mismo no había salido de los sedimentos terciarios. Los siguientes nos determinan otra recta, y, por consiguiente, otra velocidad de propagación  $v_4 = 4886$  m/segundo, que caracteriza la caliza que constituye el horizonte superior del terreno cretácico.

Examinando el conjunto de la curva vemos que presenta tres codos en los puntos I, II y III, que, como sabemos (\*), nos sirven para determinar las profundidades de los distintos horizontes estratigráficos atravesados por las ondas sísmicas producidas en las explosiones.

Utilizando la fórmula deducida en nuestro trabajo citado,

$$h = \frac{t}{2} \cdot \frac{v_1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2}}$$

en que  $h$  es la profundidad buscada y  $t$  el tiempo interceptado en el eje de las Y de la curva dromocrónica, por la prolongación del trozo recto que forma el ángulo  $\alpha$  con el de las X, obtenemos los siguientes resultados:

$$\begin{aligned} h_1 &= 20^m \\ h_2 &= 250^m \\ h_3 &= 1.500^m \end{aligned}$$

Los 20<sup>m</sup> primeros corresponden al cuaternario y cubierta detrítica del terciario. Los 1.500<sup>m</sup> siguientes corresponden al terciario, en el que podemos distinguir un horizonte superior de 250<sup>m</sup> de potencia, en que la proporción de yeso y cal es más pequeña que en el resto, como se ha comprobado por el sondeo ya mencionado.

A partir de los 1.500<sup>m</sup> se presenta el horizonte de la caliza cretácica.

Aplicando las fórmulas del párrafo 69, de nuestra obra ya citada, podemos calcular la profundidad de la caliza cretácica en el lugar de la explosión y en el de la estación final. En el primero es de 1.350<sup>m</sup> y en el segundo de 1.680<sup>m</sup>.

(\*) Los Métodos Geofísicos de Prospección, por José G. Siñeriz. BOLETÍN INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (en prensa).

Siguiendo el procedimiento indicado, se han trazado trece perfiles, cuya posición consta en la adjunta lámina. El número de estaciones y la longitud de cada uno de ellos se resume en el siguiente cuadro:

Perfiles	Número de estaciones	Longitud en metros	
1	18	5.500	Además se han observado 42 estaciones de perfiles cortos para determinar la velocidad superficial de propagación de las ondas.
1 <sup>a</sup>	3	6.120	
2	17	7.250	
3	16	10.070	
4	17	6.240	
5	15	8.140	
6	15	7.560	
7	11	7.240	
8	10	7.435	
9	17	7.405	
10	9	7.050	
11	14	7.175	
12	4	3.080	
TOTAL ...	13	166	90.265

Los resultados obtenidos para las profundidades de las diversas capas nos han permitido trazar dos cortes geológicos del terreno, que figuran en la lámina adjunta.

El primero parte de la sierra de Guadarrama y se dirige hacia el Sur, por Torrelaguna, a lo largo de la carretera, hasta el lugar elegido para producir las explosiones del perfil 12. Desde este punto cambia su dirección 90° y se dirige a la estación 53 de la línea 6, para continuar por los números 6, 7, 3 y 5, que pasan por los pueblos de Talamanca, Valdettorres, Fuente el Saz y Algete, hasta Cobeña. Desde este pueblo cambia su dirección hacia Daganzo de Arriba, por los perfiles 2 y 4, hasta la intersección de esta última línea con la 1, para terminar cerca de la Ermita del Val, en la orilla del Henares. Este último trozo del perfil pasa por el sondeo de Alcalá, situado dos kilómetros antes de llegar a su fin.

El segundo corte geológico parte de El Molar en di-

rección Este, hasta la estación 104 de la línea 6 y atraviesa la número 8.

La caliza cretácica, que se oculta bajo los sedimentos más modernos, a pequeña distancia y al Norte de Torrelaguna, no desciende de una manera continua hasta su profundidad máxima de 1.850 metros, que corresponde a las cercanías de Valdetorres, sino que primero forma una terraza plana y suavemente ondulada. La profundidad mínima de esta ondulación corresponde a la estación 142 de la línea 12 y coincide con el eje de la cumbre, situada a un kilómetro de El Vellón.

Desde la estación 142 hasta el lugar de los barrenos de la línea 12 la caliza desciende desde 100 metros, hasta 425 de profundidad.

Al final de la línea 6, entre las estaciones 51 y 53, la caliza se encuentra a las profundidades respectivas de 1.230 y 1.360 metros. En la pequeña distancia de dos kilómetros la caliza desciende 875 metros, lo que nos indica la existencia de un acantilado.

Otro acantilado semejante se presenta al Este de El Molar, donde la caliza desciende desde la superficie hasta la profundidad de 1.400 metros, en una distancia horizontal de un kilómetro.

Desde la estación 51 de la línea 6 hasta Valdetorres, el aumento de profundidad de la caliza es continuo y gradual, hasta alcanzar la profundidad máxima de 1.850 metros. En la localidad citada empieza a disminuir la profundidad hasta el valor de 1.550 metros, en el emplazamiento del barreno del perfil número 5, y después de algunas oscilaciones vuelve a alcanzar la profundidad de 1.675 metros en Cobeña. De nuevo vuelve a disminuir hasta el cruce de las líneas 1 y 4, donde la profundidad sólo es de 1.150 metros. A partir de este punto, la

# INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

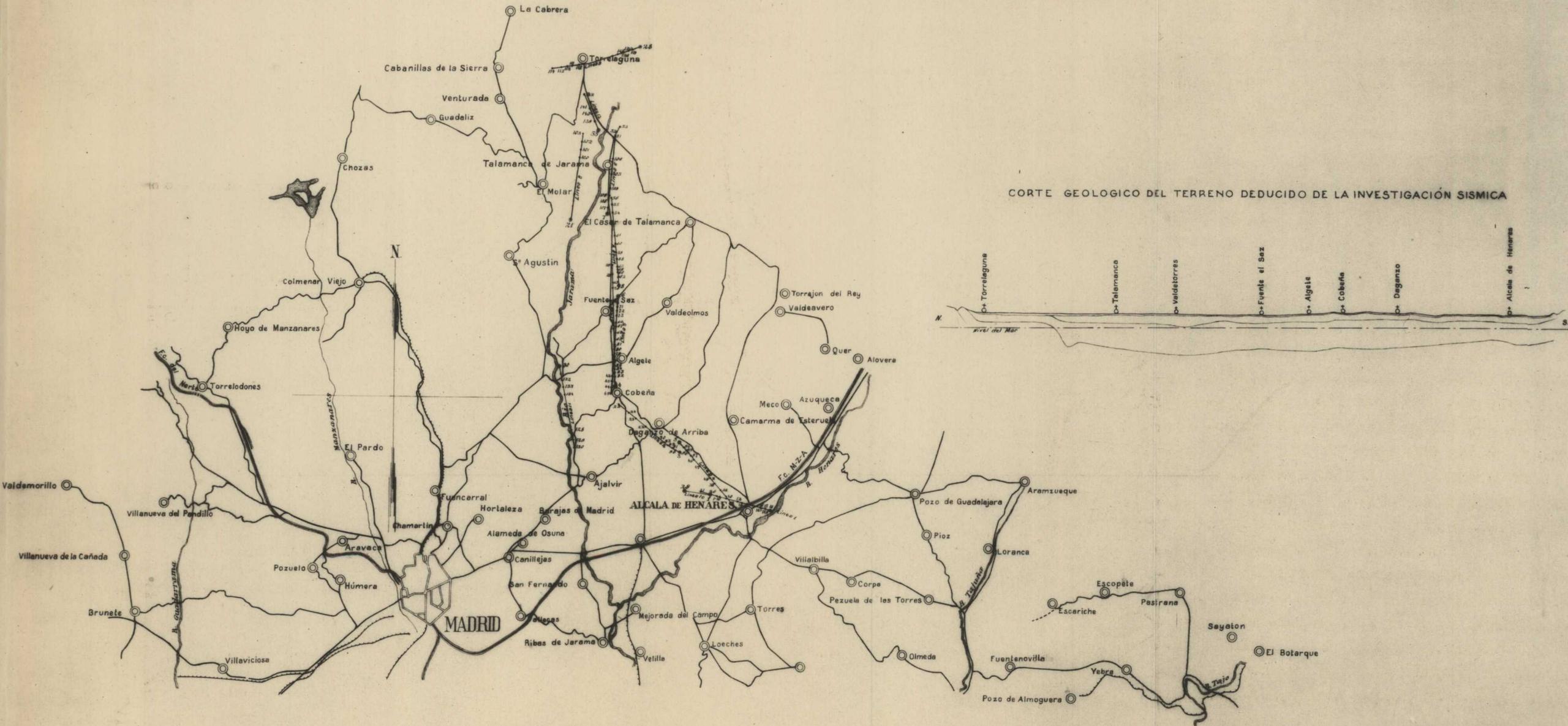
## INVESTIGACIÓN SISMICA

EN

## ALCALÁ DE HENARES

SITUACIÓN DE LOS PERFILES SISMICOS

ESCALA 1:200,000 —



caliza forma una nueva cuenca hasta la Ermita del Val, donde tiene la misma profundidad de 1.150 metros. En el centro de esta cuenca se encuentra enclavado el sondeo de Alcalá, en el que asignamos a la caliza una profundidad de 1.250 metros, con un error de 100 metros. Este error es debido a la enorme profundidad de investigación, *que es la máxima investigada hasta ahora en el mundo.*

Como hemos visto en los párrafos anteriores, el cálculo de las profundidades se funda en la medición gráfica de un intervalo de tiempo, interceptado en el eje de las Y, de la curva dromocrónica, y ésta, a su vez, tiene por abscisas las distancias medidas en un plano topográfico de gran escala, dada la longitud de los perfiles, que llega y aun pasa de los 10 kilómetros, como el número 3. Los tiempos medidos, o sean las ordenadas de la curva, también pueden tener algún error, por lo que los puntos que la determinan pueden resultar mal situados; error que se traducirá en la profundidad buscada.

Por estas razones, el Dr. Mintrop, al interpretar las mediciones obtenidas, ha optado por asignar a la caliza, en el sondeo de Alcalá, la profundidad de 1.350 metros, con un error de 5 por 100.

**Concordancia de los resultados de las investigaciones sísmica y gravimétrica.**—Comparando los resultados obtenidos en las investigaciones sísmica y gravimétrica obtenemos una concordancia verdaderamente extraordinaria. La estación gravimétrica número 29, del perfil I, en que el valor del gradiente es mínimo y que además separa las zonas donde cambia su dirección, indica el fondo del sinclinal cretácico y está enclavada precisamente en el pueblo de Valdetorres, donde la investigación sísmica nos ha señalado su profundidad máxima.

El acantilado cretácico de El Molar está indicado por los grandes valores de los gradientes de las estaciones 74, 75, 71, 70 y 76, siendo este último el mayor de toda la zona. El de Torrelaguna también está indicado por los gradientes de las estaciones 33, 34 y 35.

A la obtención de estos notables resultados han contribuido tres causas muy importantes: la homogeneidad de los sedimentos terciarios, la disposición horizontal de sus capas y la topografía del terreno, que es poco accidentada, salvo en pequeñas extensiones.

JOSÉ G. SIÑERÍZ

## INDICE DE MATERIAS

	<u>Páginas.</u>
PRÓLOGO, por Vicente Kindelán .....	5
EL Terciario continental de la Cuenca del Tajo, por José Royo y Gómez .....	15
Descripción física .....	17
Descripción geológica .....	22
Composición geológica .....	28
Terciario inferior o Paleógeno .....	29
Relaciones del Paleógeno con el Cretácico infrayacente .....	33
Mioceno .....	40
Relaciones del Mioceno con los terrenos infrayacentes .....	45
Paleontología del Mioceno .....	49
Clasificación del Mioceno .....	65
¿Existe Plioceno en la Cuenca del Tajo? .....	68
Clasificación general del Terciario de la Cuenca del Tajo .....	70
Tectónica del Terciario castellano .....	72
Bibliografía .....	75
EXPLICACIÓN DE LA HOJA DE ALCALÁ DE HENARES (MADRID), por José Royo y Gómez y L. Menéndez Puget .....	91
Geografía física .....	93
Descripción geológica .....	103
<i>Datos geológicos locales</i> .....	110
Alcalá de Henares .....	110
Inmediaciones de Alcalá de Henares .....	111

	<u>Páginas.</u>
Cerro de las Pedrizas, al NO. de Anchuelo . . . . .	133
Peña Bermeja, en Los Santos de la Humosa . . . . .	135
Las Aguileras de Anchuelo . . . . .	138
Alrededores de Santorcaz . . . . .	139
Los páramos del SE. . . . .	140
Valle del Anchuelo y Pantueña . . . . .	158
Valle del Jarama . . . . .	161
Valle del Henares . . . . .	167
<i>Cortes geológicas generales</i> . . . . .	171
Resumen geológico de la Hoja de Alcalá . . . . .	173
Terciario . . . . .	173
Cuaternario . . . . .	177
Apéndice . . . . .	179
Petrografía . . . . .	179
Mineralogía . . . . .	179
Canteras . . . . .	180
Prehistoria y Prctohistoria . . . . .	181
 ESTUDIO PALEONTOLÓGICO DE LA HOJA DE ALCALÁ, por José Royo y Gómez . . . . .	185
Fósiles paleógenos . . . . .	187
Fósiles miocenos . . . . .	191
 ESTUDIO QUÍMICO GEOLÓGICO DE LAS TIERRAS, ROCAS Y AGUAS DE LA HOJA DE ALCALÁ DE HENARES, por L. Menéndez Puget . . . . .	205
Estudio químico geológico de las tierras y rocas de la Hoja de Alcalá de Henares . . . . .	207
Estudio químico geológico de las aguas de la Hoja de Alcalá . . . . .	213
Aguas que brotan en las calizas de los páramos. . . . .	213
Aguas que brotan en Sarmatiense y en el Torto- niense . . . . .	217
Aguas que brotan en el Paleógeno (Oligocenc) . . . . .	218
Aguas del sondeo de Alcalá de Henares. . . . .	222

	<u>Páginas.</u>
EL SONDEO DE ALCALÁ DE HENARES, por Vicente Kindelán. . . . .	225
Caracteres petrográficos de los terrenos atravesados por la sonda . . . . .	232
Caracteres paleontológicos . . . . .	237
Análisis químico de algunos testigos, hecho por el Sr. Menéndez Puget . . . . .	240
Carácter estratigráfico . . . . .	241
Niveles acuíferos . . . . .	241
Idea general sobre el mecanismo del tren de sondeo. . . . .	243
Enseñanzas que se han obtenido con el sondeo. . . . .	247
 ESTUDIOS GEOFÍSICOS EN LAS PROVINCIAS DE MADRID Y GUA- DALAJARA, por Vicente Kindelán y José G. Siñeriz . . . . .	249
Geofísica: Primera serie de trabajos, por Vicente Kin- delán . . . . .	251
Segunda serie de trabajos, por José G. Siñeriz . . . . .	254
<i>Investigación gravimétrica</i> . . . . .	254
Aparatos empleados . . . . .	254
Sistema de observación y de cálculo . . . . .	254
Interpretación de las observaciones efectuadas con la balanza de torsión . . . . .	267
<i>Estudio e interpretación de las mediciones efectuadas.</i> . . . . .	273
Curvas isógamas . . . . .	277
<i>Investigación sísmica</i> . . . . .	279
Aparatos empleados . . . . .	279
Aparato registrador . . . . .	281
Práctica operatoria . . . . .	282
<i>Estudio de las mediciones sísmicas efectuadas e in-         terpretación de los resultados</i> . . . . .	288
Concordancia de los resultados de las investiga- ciones sísmica y gravimétrica . . . . .	295

## ERRATAS OBSERVADAS

---

<u>Página.</u>	<u>Línea.</u>	<u>Dice.</u>	<u>Debe decir.</u>
208	4	34,02	54,02
209	16	cas	casi
216	18	en las	de las
219	21	9,90	2,90
229	35	hidrómetros	hidrometeoros

## PUBLICACIONES

DEL

**INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO**

DE

**ESPAÑA**

OBRAS PUBLICADAS  
 POR EL  
 INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

EN VENTA

BOLETINES	Pese's
<i>Boletín de la Comisión del Mapa Geológico: tomos XIV a XXXI.</i>	15
<i>Boletín del Instituto Geológico: tomos XXXII a XLIX.</i>	12

MEMORIAS	
<i>Descripción física y geológica de Barcelona</i> , por D. José Maureta y D. Silvino Thos y Codina.....	20
<i>Idem id. de Zamora</i> , por D. Gabriel Puig.....	15
<i>Idem física, geológica y agrológica de Soria</i> , por D. Pedro Palacios .....	15
<i>Idem física, geológica y minera de Logroño</i> , por D. Rafael Sánchez Lozano.....	15
<i>Explicación del Mapa Geológico de España</i> , por D. Lucas Mallada. Tomos I al VII (cada uno).....	15
<i>Estudios hidrológicos.—Cuenca del Tajo</i> (provincia de Madrid)...	10
<i>Criaderos de Hierro de España:</i>	
Tomo I (Introducción).— <i>Criaderos de la provincia de Murcia</i> .....	15
Tomo II.— <i>Criaderos de Asturias</i> .....	15
Tomo III.— <i>Criaderos de Guadalajara y Teruel</i> , por don Vicente Kindelán y D. Manuel Ranz.....	12
Tomo IV.— <i>Hierros de Galicia</i> (tomo I), por D. Primitivo Hernández Sampelayo.....	12
Tomo V.— <i>Hierros de Almería y Granada</i> (tomos I, II y III), por D. Ricardo Guardiola y D. Alfonso de Sierra (cada uno) .....	15
<i>Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda</i> , por D. Domingo de Orueta.....	20
<i>Estudio metalogénico de la Sierra de Cartagena</i> , por D. Ricardo Guardiola .....	15

MAPAS	
<i>Mapa geológico de España</i> , edición en 16 hojas y escala 1 : 400.000; cada hoja .....	7,50
<i>Mapa geológico de España</i> , edición en 64 hojas y escala de 1 : 400.000; cada hoja suelta.....	2

	<u>Pesetas</u>
<i>Mapa geológico de España</i> , mapa de conjunto, escala 1 : 1.500.000.	15
<i>Atlas del Estudio estratigráfico de la cuenca hullera asturiana</i> , por D. Luis de Adaro y Magro.....	20
<i>Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España</i> , vol., I núm. 1.....	3

EN PREPARACIÓN

*Criaderos de hierro de España:*  
*Hierros de Galicia*, tomo II, por D. Primitivo Hernández Sampe-  
 layo.

OBRAS AGOTADAS

*Mapa geológico*, en 16 hojas. Hojas números 6 y 14.  
*Mapa geológico*, en 64 hojas. Hojas números 13, 22, 30, 51 y 52.  
*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico*: tomos I al XIII.  
*Descripciones física y geológica de Zaragoza y Avila*, por D. Felipe M. Donayre.  
*Idem id. de Alava*, por D. Ramón Adán de Yarza.  
*Idem id. de Cuenca, Valladolid, Teruel y Segovia*, por D. Daniel de Cortázar.  
*Idem id. de Cáceres*, por D. Justo Egozcue y D. Lucas Mallada.  
*Idem id. de Huesca*, por D. Lucas Mallada.  
*Idem id. de Salamanca*, por D. Amalio Gil y Maestre.  
*Idem id. de Valencia*, por D. Daniel de Cortázar y D. Isidro Manuel Pato.  
*Idem id. de Guipúzcoa*, por D. Ramón Adán de Yarza.  
*Idem id. de Vizcaya*, por D. Ramón Adán de Yarza.  
*Idem física de Huelva*, por D. Joaquín Gonzalo Tarín.  
*Idem geológica de idem*, por D. Joaquín Gonzalo Tarín.  
*Idem minera de idem*, por D. Joaquín Gonzalo Tarín.  
*Sinopsis paleontológica de España*. Tomos I, II y III, sistemas Siluriano, Devoniano, Carbonífero, Triásico, Jurásico e Infracretáceo, por D. Lucas Mallada.  
*Trabajos geodésicos y topográficos de Asturias*.  
*Mapa topográfico de Asturias*, por D. Guillermo Schultz (4.ª edición).

MAPA GEOLÓGICO, escala 1 : 50.000.

	<u>Pesetas</u>
Hoja núm. 560, Alcalá de Henares.....	3
Memoria explicativa de la Hoja de Alcalá de Henares.....	3
Hoja núm. 810, Almodóvar del Campo.....	3
Memoria explicativa de la Hoja de Almodóvar del Campo.....	3
La Hoja y la Memoria juntas.....	5
Hojas enteladas con carpeta, una.....	10
Datos para el estudio de la geología de la provincia de Madrid.— Hoja núm. 560, Alcalá de Henares.....	15

EN PREPARACIÓN

Memoria y Hoja núm. 421, Barcelona.  
 Idem id. 194, Santa María del Páramo.  
 Idem id. 460, Hiendelaencina.  
 Idem id. 881, Villanueva de Córdoba.

PUBLICACIONES

REFERENTES AL XIV CONGRESO GEOLÓGICO  
 INTERNACIONAL

	<u>Pesetas</u>
<i>Memorias del XIV Congreso Geológico Internacional</i> , por el secretario general, Ingeniero de Minas, Vocal del Instituto Geológico y Minero de España, D. Enrique Dupuy de Lôme. Tomos I y II cada uno.....	15
<i>Las reservas mundiales de piritas</i> , por los señores de la Comisión de Publicaciones del XIV Congreso Geológico Internacional, Ingenieros de Minas, D. César Rubio, D. José de Gorostizaga, D. Enrique Dupuy de Lôme y D. Joaquín Mendizábal. Dos tomos.....	50
GUÍAS GEOLÓGICAS DE ESPAÑA, PUBLICADAS POR LA COMISIÓN ORGANIZADORA DEL XIV CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL PARA FACILITAR LAS EXCURSIONES QUE REALIZARON LOS CONGRESISTAS:	
Guía A-1.— <i>Estrecho de Gibraltar, Jerez, Tarifa, Algeciras, Ceuta, Tetuán, Melilla, Nador, etc., etc.</i> , por los Ingenieros de Minas, Vocales del Instituto Geológico y Minero de España, Sres. Marín, Valle, Dupuy de Lôme, Gavalá, Miláns del Bosch e Iruegas. Un tomo de 256 páginas, 27 láminas (6 de microfots., 1 de cortes geols.), 3 mapas geológicos.—Edición española o francesa.....	10
Guía A-2.— <i>Los platinos de la Serranía de Ronda</i> , por los Ingenieros de Minas, Vocales del Instituto Geológico y Minero de España, Sres. Orueta y Rubio. 160 páginas, 24 láminas (2 de microfots., 1 de cortes geols.), 3 mapas.—Edición española, francesa o inglesa.....	10
Guía A-3.— <i>Minas de plomo y cobre de Linares y Huelva</i> , por los Ingenieros de Minas Sres. Hlereza y Alvarado. 140 páginas, 3 figuras, 16 láminas (7 de cortes geols.), 2 planos y 4 mapas.—Edición española, francesa o inglesa.....	10
Guía A-5.— <i>La Sierra Morena y la Sierra Nevada</i> , por los Ingenieros de Minas Sres. Novo y Carbonell y los Profesores de Geología Sres. Gómez Llueca y Carandell. 248 páginas, 8 figuras, 22 láminas, 5 mapas.—Edición española.....	10
Guía A-6.— <i>El Terciario continental de Burgos</i> , por el Doc-	

tor en Ciencias Sr. Royo y Gómez. 70 páginas, 12 figuras, 18 láminas, 2 mapas.—Edición española, francesa o inglesa.....	5
GUÍA A-7.— <i>Islas Canarias</i> , por el Profesor de la Universidad Central Sr. Fernández Navarro. 122 páginas, 46 figuras, 25 láminas, 8 mapas.—Edición española o francesa.	10
GUÍA B-1.— <i>Minas de Almadén</i> , por el Ingeniero de Minas, Vocal del Instituto Geológico y Minero de España, señor Hernández Sampelayo. 102 páginas, 22 láminas, 1 mapa. Edición española o francesa.....	5
GUÍA B-2.— <i>La Sierra del Guadarrama</i> , por los Profesores de Geología Sres. Obermaier y Carandell. 46 páginas, 13 figuras, 19 láms., 1 mapa.—Edición española o francesa.	5
GUÍA B-3.— <i>Aranjuez</i> , por los Profesores de Geología señores E. y F. Hernández-Pacheco. 104 páginas, 31 figuras, 14 láminas, 1 mapa, 1 lámina de cortes geológicos.—Edición española.....	10
GUÍA C-1.— <i>Minas de Asturias</i> , por los Ingenieros de Minas Sres. Sancho, Falcó, Cueto, Junquera, H. Sampelayo y Patac. 108 páginas, 4 figuras, 21 láminas (3 cortes geológicos), 5 mapas.—Edición española o francesa.....	10
GUÍA C-2.— <i>Minas de Bilbao</i> , por el Ingeniero de Minas señor Rotaèche. 30 páginas, 2 láminas de cortes geológicos, 1 mapa.—Edición española.....	5
GUÍA C-4.— <i>Cataluña</i> , por los Geólogos Sres. Marín, Battler, Larragán, San Miguel de la Cámara y Marcet. 214 páginas, 8 figuras, 48 láminas (1 de sondeos, 10 de bloques, 5 de cortes geológicos), 6 mapas.—Edición española o francesa.....	10
GUÍA C-5.— <i>Isla de Mallorca</i> , por los Geólogos Sres. Darder y Fallot. 125 páginas, 48 figuras, 17 láminas (6 de cortes geológicos), 1 mapa, 2 cuadros sinópticos.—Edición española o francesa.....	10
GUÍA X-1.— <i>La Sierra morena y la llanura Bética</i> , por el Catedrático de la Universidad Central Sr. Hernández-Pacheco. 150 páginas, 20 figuras, 39 láminas, 1 lámina de cortes, 2 mapas.—Edición española o francesa.....	5
GUÍA X-3.— <i>Despeñaperros</i> , por los Catedráticos de Geología Sres. H.-Pacheco y Puig de la Bellacasa. 48 páginas, 9 figuras, 20 láminas, 1 mapa.—Edición española o francesa .....	5
GUÍA F-2.— <i>Guía del ferrocarril de Madrid a Sevilla</i> , por los Ingenieros de Minas, Vocales del Instituto Geológico y Minero de España, Sres. Dupuy de Lôme y Novo. 139 páginas, 2 figuras, 26 láminas, 5 mapas.—Edición española, francesa, inglesa o alemana.....	10
GUÍA F-3.— <i>Guía del ferrocarril de Madrid a Irún</i> , por los Ingenieros de Minas, Vocales del Instituto Geológico y Minero de España, Sres. Dupuy de Lôme y Novo. 151 páginas, 20 láminas (1 de perfiles topográficos), 4 mapas.—Edición española, francesa o alemana.....	10

OBRAS AGOTADAS

GUÍA A-4.— <i>Línea tectónica del Guadalquivir</i> , por el Ingeniero de Minas Sr. Carbonell Trillo-Figueroa. 204 páginas, 7 figuras, 36 láminas (4 de cortes geológicos) y 8 planos geológicos.	
--	--

GUÍA C-3.— <i>Cuenca potásica de Cataluña</i> , por el Geólogo Sr. Faura y el Ingeniero de Minas, Vocal del Instituto Geológico y Minero de España, Sr. Marín y Bertrán de Lis. 214 páginas, 5 figuras, 48 láminas (1 de sondeos y 6 de cortes) y 5 mapas.	
GUÍA C-6.— <i>Cuencas de Mallorca</i> , por el Geólogo Sr. Faura. 78 páginas, 14 láminas (4 de planos y secciones).	
GUÍA F-1.— <i>Guía Artística de Córdoba</i> , por el Ingeniero de Minas Sr. Carbonell. 155 páginas, 20 láminas, 4 planos. Edición española.	

EN PREPARACIÓN

*Memorias del XIV Congreso Geológico Internacional*, tomos III y siguientes.  
*Las reservas mundiales de fosfatos.*

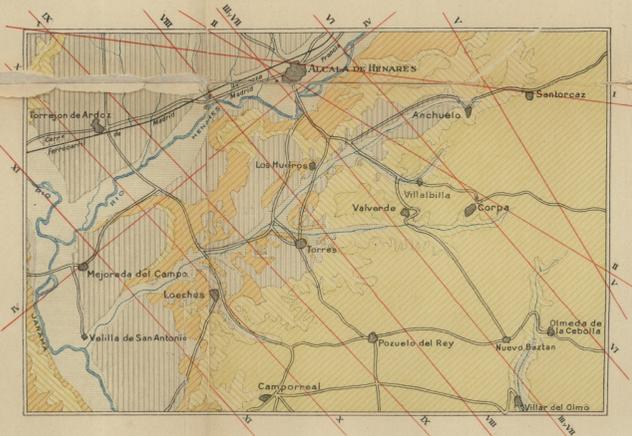
Estas obras se venden en las principales librerías y en el Instituto Geológico y Minero de España, Cristóbal Bordiú, 12, Madrid.

# INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

## ALCALÁ DE HENARES Nº 560

### CORTES GEOLÓGICOS

ESQUEMA DE LA HOJA Nº 560  
PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS CORTES GEOLÓGICOS  
Escala 1:150.000



#### EXPLICACIÓN

Holoceno		Aluvial
Pleistoceno		Diluvial
Pontense		Mioceno
Tortonense y Sarmatiense		
Paleogeno		Oligoceno
Horizontes de yeso		
Horizonte de calizas		
Vacimiento de Trilobitos		

Escala  
Horizontal 1/50000  
Vertical 1/8000

Dr. L. COLLAUT-MARIA DE MOLINA, JOS. MARIN.