

BOLETÍN
DE LA
COMISIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

2-1-1

BOLETIN

DE LA

COMISIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO

DE

ESPAÑA

TOMO XXVIII

TOMO VIII

SEGUNDA SERIE

(1906)

MADRID

EST. TIP. DE LA VIUDA É HIJOS DE M. TELLO

IMPRESOR DE CÁMARA DE S. M.

C. de San Francisco, 4

1906



La Comisión del Mapa geológico de España hace presente que las opiniones y hechos consignados en sus MEMORIAS y BOLETÍN son de la exclusiva responsabilidad de los autores de los trabajos.

Artículo 1.º Los estudios y trabajos para la formación del Mapa geológico de España se llevarán á cabo por todos los Ingenieros del Cuerpo de Minas simultáneamente.

Artículo 2.º Queda encomendada á la Junta superior facultativa de Minería la alta inspección de los trabajos del Mapa geológico, para lo cual se creará en ella una Sección especial.

Artículo 4.º Existirá una Comisión, compuesta de Ingenieros de Minas, exclusivamente dedicada á la formación del Mapa geológico de España, ya reuniendo, ya ordenando y rectificando los trabajos que fuera de ella se hagan y los datos que se la remitan, ya practicando los estudios que le compete ejecutar por sí misma.

Artículo 5.º Formarán parte de la Comisión los Profesores de las asignaturas de Geología, Paleontología, Mineralogía y Química analítica y Docimasia de la Escuela especial de Minas.

(Decreto de 28 de Marzo de 1873.)

PERSONAL

DE LA

COMISIÓN EJECUTIVA DEL MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

D. Daniel de Cortázar. (*Director.*)

D. Lucas Mallada.

D. Ramón Adán de Yarza.

D. Juan García del Castillo.

D. Horacio Bentabol.

D. Rafael Sánchez Lozano.

D. Mariano Alvarez Aravaca.

D. Manuel Rey.

D. César Rubio y Muñoz.

D. Máximo Arozarena.

D. Enrique Villate.

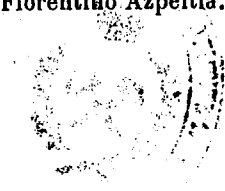
D. Alfredo Kindelán.

PROFESORES DE LA ESCUELA ESPECIAL DE MINAS
AGREGADOS Á LA COMISIÓN

D. Pedro Palacios.

D. Juan-López Coca.

D. Florentino Azpeitia.



Las publicaciones de esta Comisión están autorizadas por orden de la Dirección general de Obras públicas, Agricultura, Industria y Comercio, fecha 30 de Junio de 1873, por la que se dispuso entre otras cosas:

1.º Que el Director de la Comisión del Mapa geológico de España pueda publicar las memorias, mapas, descripciones y noticias geológicas que juzgue oportuno, en cuadernos periódicos, en análoga forma á la de los Boletines y Memorias de las Sociedades geológicas de Londres y de Francia.

2.º Que la Comisión establezca la venta y subscripción de sus producciones, á fin de que los recursos que así se obtengan se inviertan en los gastos de la publicación.

3.º Que la Dirección general proponga oportunamente la subscripción oficial á un cierto número de ejemplares, como medio de auxiliar trabajos tan importantes.



PROLOGO

Pocas palabras serán necesarias para presentar al público el presente tomo del BOLETÍN de la Comisión del Mapa geológico de España, que es el VIII de la 2.^a serie de la publicación, que sigue sin vacilación el camino trazado hace más de treinta años por el sabio Ingeniero, el Excmo. Sr. D. Manuel Fernández de Castro, de memoria imperecedera entre los naturalistas españoles.

Las diferentes Memorias que ahora salen á luz, tienen, conforme lo exige la organización de los estudios geológicos en nuestro país, carácter industrial al mismo tiempo que científico, pues no se trata de abstracciones completamente especulativas y con sólo valor para los sabios, sino que, haciéndose los trabajos por cuenta del Estado, se buscan resultados de inmediato empleo para el adelanto de la industria general de la nación, especialmente de la minería, la agricultura y las obras públicas; y por ello, con los estudios últimamente emprendidos, se ha marcado más el rumbo en que se ha de ampliar el conocimiento de la hidrología aplicada.

Inmediatamente después de la publicación de este tomo del BOLETÍN, se dará á luz el VI de la *Explicación del Mapa geológico de España*, el cual comprende los sistemas eoceno, oligoceno, mioceno y plioceno, que componen la serie terciaria; los cuatro descritos minuciosamente, de un modo análogo al de los cinco tomos anteriores, y como corresponde á la laboriosidad y esmero tan reconocidos del ilustre Ingeniero D. Lucas Mallada, individuo de esta Comisión.

Comienza el tomo actual con una *Nota acerca de los yacimientos cupríferos del N. de la provincia de Palencia*, en que su autor, el Ingeniero Jefe del Cuerpo de Minas, D. Ramón Adán de Yarza, consigna datos de gran valor para el estudio de la formación de ciertos criaderos como el de Carracedo, cerca de Cervera de Río Pisuériga, que si desde el punto de vista económico no dió resultados satisfactorios, en cambio sus condiciones genéticas son en alto grado instructivas y de aplicación para el estudio de yacimientos metalíferos análogos.

Sigue otra *Nota referente á varios yacimientos de estaño en la provincia de Pontevedra*, en la cual su autor, el Ingeniero Jefe de la Comisión geológica de España, Don Rafael Sánchez Lozano, da á conocer las circunstancias de los criaderos y discute los medios que pudieran emplearse para el buen aprovechamiento de los mismos, si quiera no sea fácil la solución, tanto por la pobreza de los filones como por la dificultad en la concentración del lavado de las menas.

Al mismo Ingeniero de Minas Sr. Sánchez Lozano pertenece otro *Estudio de varios yacimientos de minerales de plomo de la vertiente septentrional de Sierra Nevada*; y al

mismo tiempo que reseña diferentes minas de aquella región y sintetiza las circunstancias de los filones que en ellas se explotan, manifiesta las relaciones de los criaderos con las rocas en que arman y las variaciones de riqueza según la naturaleza de su caja pétrea.

Debido al sabio geólogo francés D. R. Nicklés es el estudio que, referente á los *Terrenos secundarios de las provincias de Murcia, Almería, Granada y Alicante*, se inserta en el BOLETÍN, siendo muy digno de atención cuanto sucintamente se expone por su autor, bien conocido de nuestros geólogos por los notables trabajos que ha llevado á cabo en España.

Valiosos son también otros dos estudios del Sr. Nicklés referentes á los fenómenos de plegamiento y traslación de ingentes macizos pétreos en España, sobre todo en la *Zona Subbética*, produciéndose cambios estratigráficos notabilísimos que los geólogos franceses han denominado *Phénomènes de recouvrement*, que hemos denominado en español *cobijaduras*, que cada día se encuentran con mayor amplitud y frecuencia en todos los países, viniendo á dificultar los estudios estratigráficos, y lo que pudiéramos denominar plácida calma de sucesión de las capas sedimentarias de una región dada.

Con su excepcional competencia en geología, el señor Adán de Yarza ha hecho preceder uno de los escritos del Sr. Nicklés de otro titulado *Dos palabras referentes á la teoría de las zonas de cobijadura* para hacer entender cómo la nueva teoría, muy discutida, pero cada vez más aceptada, interpreta los fenómenos estratigráficos y tectónicos de las regiones geológicas más trastornadas.

Es también del Sr. Adán de Yarza el trabajo titulado *El*

país vasco en las edades geológicas, brillante resumen de los conocimientos del autor acerca de la constitución geognóstica y de las fases por que ha debido pasar aquella región del Norte de España y del Mediodía de Francia en las sucesivas edades de la Tierra.

Datos geológico-mineros relativos á la cuenca carbonífera de Guardo (Palencia), ha denominado el Sr. Sánchez Lozano al detallado estudio científico-industrial referente á la comarca en cuestión, y como todas las obras del mismo autor, es de interés incuestionable para el adelanto de la industria minera española.

Insertamos también en el presente tomo del BOLETÍN el *Estudio de algunos moluscos eocénicos del Pirineo catalán*, debido al sabio paleontólogo francés Sr. Cossmann, al que ha de agradecerse su interés por el adelanto científico de nuestro país.

Es igualmente interesante la *Nota* del Sr. Fliche, Profesor de la Escuela forestal de Nancy, referente á *Varios vegetales terciarios de Cataluña*. Estos fósiles, estudiados por el gran maestro francés, fueron recogidos por los señores Deperet y Vidal en sus excursiones por la comarca de Tárrega.

Aún han de señalarse una curiosa *Nota* de 1863 referente á las *Aguas artesianas de la comarca de Figueras*, y otra titulada *Alumbramiento de aguas en Madrid*, debida ésta á la gran competencia en el asunto del sabio Ingeniero industrial D. Antonio Montenegro.

Se completa el tomo del BOLETÍN con los *Estudios hidrogeológicos verificados en la provincia de Madrid en la última campaña*.

Obedece este trabajo al Real decreto del Ministerio de

Agricultura, Industria, Comercio y Obras públicas, dado en San Sebastián el 15 de Julio de 1905, por el que se encargó á la Comisión del Mapa geológico de España el determinar, después de los estudios necesarios, los puntos de las cuencas hidrológicas de nuestro país donde sea más probable la existencia de corrientes subterráneas importantes y que puedan alumbrarse por medio de sondeos, pozos ó minas, cuidando de no dar comienzo á los trabajos en una cuenca hidrológica sin haber ultimado y publicado un resumen de los datos obtenidos en la que antes haya sido objeto de estudio.

Empezadas las observaciones en la cuenca del Tajo dentro de la provincia de Madrid, se da á luz lo conseguido, comenzando con una *Noticia de los estudios hidrogeológicos de España*, original del Director del Mapa geológico, D. Daniel de Cortázar, y siguiendo con los trabajos de los Ingenieros de la Comisión, Sres. Mallada, Adán de Yarza, García del Castillo, Bentabol, Sánchez Lozano, Alvarez Aravaca, Rey y Rubio.

Nuestros lectores juzgarán del interés é importancia de estos estudios, que cierran el tomo del BOLETÍN, el cual, como de costumbre, lleva gran número de grabados intercalados en el texto y las láminas y mapas necesarios para todos y cada uno de los trabajos insertos.

NOTA

ACERCA DE LOS

YACIMIENTOS CUPRÍFEROS

DEL NORTE DE LA PROVINCIA DE PALENCIA

No siempre los criaderos metalíferos de gran importancia industrial son los que más enseñan para comprender su origen y modo de formación. Muchas veces se hallan yacimientos sin valor, ó que no han correspondido á las esperanzas que hicieron concebir, y que, no obstante, son muy sugerentes desde el punto de vista de su origen y de sus relaciones con las rocas en que arman; y no hay duda que por no haberse consignado en tiempo oportuno las observaciones hechas en muchas minas abandonadas, la ciencia de los yacimientos metalíferos, todavía en período de formación, ha dejado de enriquecerse con múltiples hechos que en su día hubieran podido contribuir á síntesis deseadas.

Estas consideraciones nos inspiran las observaciones que hace algún tiempo tuvimos ocasión de hacer en unos yacimientos que, si bien desde el punto de vista económico no dieron resultados satisfactorios, y sus labores deben hallarse actualmente abandonadas, son altamente instructivos para consideraciones genéticas. Nos referimos á los yacimientos cupríferos de Carracedo, cerca de Cervera del Río Pisuerga, en la provincia de Palencia.

Están enclavados estos yacimientos en aquella interesante zona del Norte de nuestra Península, en que el choque y compenetración de dobleces en las capas de distintas edades, esto es, los pliegues hercinianos y pirenaicos, han producido suma complicación estratigráfica y gran elevación en la cordillera pirenaica, una y otra superiores á las del país vascongado y de la parte oriental de la provincia de Santander.

El terreno está constituido por capas del período carbonífero, alternando las calizas con las pizarras silíceas y silíceo-arcillosas, muy levantadas y trastornadas, y atravesadas oblicuamente por masas graníticas, y son muy notables los fenómenos que se observan en el contacto, tanto en las rocas hipogénicas como en las sedimentarias. Cuando el granito corta capas calíferas, es cuando el metamorfismo es más intenso, verificándose allí muchos de los fenómenos de contacto que el Sr. Lacroix ha observado con gran sagacidad en el granito de los Pirineos (1).

Según este eminente petrógrafo, siempre que en aquella región atraviesa el granito rocas calíferas, se carga de anfíbol hacia el contacto, pasando gradualmente a una diorita y aun á veces á rocas más básicas; y esta transformación es tanto más intensa, cuanto más completa ha sido la asimilación de la caliza por la roca hipogénica. Sus observaciones confirman que las rocas laterales han influido notablemente en la composición del magma fundido que las ha atravesado, sobre todo cuando las rocas han sido calizas. Estas, á su vez, se han modificado considerablemente en su composición química, dando origen á la formación de cristales de granate y de otros diversos silicatos de hierro, magnesia y cal. Cuando el granito corta las pizarras, los fenómenos han sido muy distintos y se ha verificado el contacto sin que en la roca hipogénica se haga muy perceptible la alteración química y mineralógica. El hecho se explica por la composición química poco diferente de la pizarra y el granito, de modo que éste pudo haber disuelto ó digerido la pizarra del contacto sin que su composición se alterara notablemente. La pizarra ha sufrido un metamorfismo en que han intervenido principalmente el calor y los compuestos gaseiformes que se desprendieron del magma granítico al consolidarse.

En los yacimientos de Carracedo se observa palpablemente esta diferencia de metamorfismo en el contacto del granito con las calizas y con las pizarras. Cuando el granito atraviesa capas calíferas, se desarrollan en el contacto rocas de un color verde obscuro, á veces de aspecto casi homogéneo, y que si bien demuestran en el microscopio alguna diversidad en su composición mineralógica, son siempre rocas muy básicas, unidas á una zona en que abunda el granate. Cuando la misma roca hipogénica corta las pizarras silíceo-arcillosas,

(1) *Le granite des Pyrénées et ses phénomènes de contact.*

se observa en el contacto una especie de piedra córnea de composición mucho más ácida. Los minerales cupríferos, pirita de hierro con calcopirita y philipsita, van siempre unidos á las rocas básicas del contacto del granito y de las capas calíferas.

Entre las rocas básicas, hay algunas que pueden calificarse de dioritas; pero en otras falta el feldespato. De estas rocas verdes sin feldespato, las unas aparecen compuestas de un anfíbol fibroso, y de cuarzo, viéndose á veces calcita entre las fibras de anfíbol. En otras predomina el augito, viéndose solamente, rodeados por este mineral, algunos grupos de cristales de hornablenda. Es digno de notarse que estas rocas básicas del contacto están tanto más mineralizadas; es decir, contienen tanta más proporción de minerales cupríferos, cuanto más abunda el anfíbol.

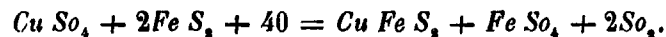
Estos yacimientos deben calificarse entre los de contacto, designados por Grodec con la denominación de *tipo de Cristiania*, en los cuales no ha habido fisuras que rellenar, sino que la roca hipogénica se ha asimilado una parte de las rocas laterales. Desde el punto de vista utilitario, se comprende que, estando las partes mineralizadas limitadas al contacto del granito y las calizas, y cortando aquéllas oblicuamente á una serie de estratos muy levantados en que predominan las pizarras sobre las calizas, dichas partes mineralizadas quedan muy reducidas en sentido horizontal. Si la mineralización continuara en profundidad, siguiendo la intersección de la superficie que limita la roca hipogénica con los prismas de estratificación de las capas calíferas, podrían encontrarse zonas metalizadas, semejantes, hasta cierto punto, á las columnas ó partes ricas de algunos filones; pero en estos yacimientos se verifica la ley casi general para todos los de cobre; y es que hay á profundidad pequeña una zona de enriquecimiento de los sulfuros, pasada la cual, éstos se presentan muy pobres, dominando casi exclusivamente la pirita de hierro.

Ese enriquecimiento proviene de las reacciones de los sulfuros pobres de profundidad con los compuestos oxidados traídos por las aguas descendentes de la superficie. Aunque la circulación de estas aguas no sea tan importante en los yacimientos de contacto como en los de filones, ni sea tampoco tan marcada la formación de la zona oxidada superficial ó *tejado del filón*, no dejan de verificarse tales reacciones, si bien en menor escala.

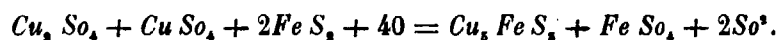
Los minerales cupríferos de estos yacimientos son la calcopirita ($Cu Fe S_2$) y la philipsita ó cobre abigarrado ($Cu, Fe S_2$). La calco-

cobre abigarrado ($Cu_2 Fe S_3$)

pirita puede producirse por la reacción del sulfato cúprico procedente de la zona oxidada superior sobre la pirita inferior:



La philipsita se origina por la reacción de los sulfatos cuproso y cúprico sobre la misma pirita:



Pasada esta zona limitada de enriquecimiento secundario, se notó la disminución de la calcopirita y la philipsita, quedando la pirita de hierro muy poco cuprífera, resultando así que las partes metalizadas estaban muy circunscritas en dirección y en profundidad.

En cuanto al origen de los minerales cupríferos, caben dos hipótesis: ó el cobre que esos minerales contienen estaba diseminado en las calizas en diversas combinaciones, y al verificarse el contacto con la roca ^{granítica} hipogénica ha dado origen á la formación de sulfuro; ó bien el cobre ha venido con la roca hipogénica. Esta última hipótesis es la más razonable para nosotros. No habiéndose originado estos criaderos por relleno de una fisura preexistente, es difícil aplicar á ellos la teoría de la segregación lateral, según la cual un lento trabajo en las rocas ha concentrado en la fisura los compuestos metálicos; teoría que aun para los yacimientos filonianos es combatida con fuertes argumentos, y no puede admitirse con la generalidad pretendida por Sandberger y su escuela, lo que también antes había sostenido con gran competencia el ingeniero de Minas español D. Manuel Fernández de Castro.

En cambio, la hipótesis de que el cobre ha venido con el magma granítico tiene fácil defensa con la observación de los fenómenos de contacto y con la idea que lógicamente debemos formarnos sobre la constitución de aquel magma.

En el contacto de las rocas eruptivas con una roca preexistente se transforma más ó menos la composición química de ésta por influencia de los *agentes mineralizadores* solubles ó gaseosos. Los magmas eruptivos están en cierto modo constituidos por dos partes: una formada de elementos fijos que al consolidarse dan origen á la roca que conocemos; la otra de elementos volátiles ó arrastrables, que al consolidarse la roca quedan en libertad. Estos son, por regla general,

los agentes del metamorfismo de contacto, y según las condiciones en que se verifica su desprendimiento, modifican considerablemente las rocas próximas al magma, cuando éste se consolida en la profundidad, ó no actúan de un modo notable cuando las rocas eruptivas se extienden y consolidan en la superficie. En el caso del granito, los componentes de las pizarras y los agentes mineralizadores desprendidos de la roca hipogénica pueden dar lugar á una roca cuya composición mineralógica sea muy afine al granito mismo; y se comprende que la disolución de las pizarras en el magma granítico no altere notablemente la composición de éste. Cuando el magma granítico encuentra, en vez de pizarras, calizas, la diferencia de composición química entre ambas rocas es muy grande para que el resultado de la transformación de la roca sedimentaria sea comparable al mismo granito. La roca hipogénica ha sido entonces modificada, dando lugar á una roca anfibólica más básica.

Valdemar-Lindgren ha descrito muchos yacimientos metalíferos en el contacto de rocas hipogénicas y calizas, y es de notar en estas descripciones la constancia con que aparecen rocas anfibólicas en una zona intermedia entre el granito y las calizas. Al tratar este distinguido geólogo norte-americano del origen de los minerales metálicos en estos yacimientos de contacto, dice:

«Cualquiera que sea la fuerza que las ha impulsado, las rocas ígneas han venido de niveles profundos. Si admitimos que contenían varias sustancias disueltas, tales como agua, anhídrido carbónico y compuestos de azufre, cloro, boro y fluor con varios metales, se infiere que la disminución de la presión, causada al alcanzar niveles más altos, dará gradualmente por resultado el escape de estos compuestos, que son mucho más volátiles que los otros constituyentes del magma. Cuanto más ascienda el magma, más completa será la liberación de estas sustancias; su modo de desprenderse dependerá de la temperatura crítica y de la presión en el punto de escape. Podemos suponer con fundamento que en el contacto de una roca inyectada con una masa sedimentaria, la temperatura excede usualmente de 365° C., y la presión de 200 atmósferas. En estas condiciones, el agua, así como la mayor parte de los compuestos más ó menos volátiles, se hallan en estado gaseoso; en otros términos, prevalecen las condiciones *neumatolíticas*. El agua y los compuestos que la acompañan abandonarán el magma y penetrarán más ó menos enérgicamente en las rocas adyacentes á distancia variable. No parece probable que

el agua atmosférica haya podido lograr acceso al contacto durante el periodo de consolidación. Tanto el calor de la roca ígnea como la presión de los compuestos volátiles, luchando por libertarse de su asociación con el magma, impedirían tal acceso.

»El escape de gases puede ser facilitado por las fisuras, y las emanaciones pueden ser recogidas gradualmente por las aguas circulantes procedentes de la superficie, que entonces se convertirían en termales.... Admitiendo la tendencia de los constituyentes más volátiles del magma á abandonarlo en virtud de la disminución de presión, y conocida la tendencia de los agentes mineralizadores á formar compuestos volátiles con varios metales, no será sorprendente que se formen varias clases de depósitos minerales durante el metamorfismo de contacto. La única cosa necesaria es una substancia que cause su depósito, y que así evite su escape para juntarse con las aguas circulantes. Esta substancia es la caliza. Una reacción química parece tener lugar entre los materiales que abandonan al magma y el carbonato cálcico, causando el depósito de minerales nuevos y el desprendimiento del anhídrido carbónico.

»Esto se confirma hasta cierto punto por el experimento de Senarmont, que obtuvo hierro oligisto por la acción prolongada de una disolución de cloruro férrico sobre cal carbonatada á 300° C. en un tubo cerrado.... (Conocidos son también los experimentos de Durocher, que obtuvo sulfuros metálicos semejantes á los naturales por la reacción del hidrógeno sulfurado sobre los cloruros metálicos, y es bien sabido que en las erupciones volcánicas hay desprendimiento de hidrógeno sulfurado y de cloruros.)

»El origen de los depósitos de contacto del tipo de *Cristiania*, parece, pues, debido al vapor acuoso, cerca de la temperatura crítica, y que más ó menos cargado de compuestos metálicos penetró con fuerte presión en la caliza adyacente á la roca ígnea. La temperatura debió ser muy alta, pero generalmente inferior al punto de fusión de las rocas ordinarias. El anhídrido carbónico no fué un agente activo, pues su principal reacción procede de su expulsión de la caliza. Todo induce á la conclusión que las substancias metálicas se derivaron del magma al enfriarse (1).»

La aparición esporádica de algunas partículas de sulfuros metá-

(1) *The character and genesis of certain contact deposits.* (Richmond Meeting: February, 1904.)

licos en las rocas hipogénicas, es bien conocida. La pirita de hierro, sobre todo, forma parte de los elementos accesorios más esparcidos en muchas de estas rocas, no alteradas, y se presenta al microscopio en tales relaciones con los otros elementos, que apenas es posible dudar de su origen primario. Algunas veces el sulfuro de cobre reemplaza parcialmente al de hierro. En su excelente *Tratado de yacimientos metalíferos*, menciona Beck muchas localidades en que las rocas graníticas contienen pirita de hierro y de cobre; y en las operaciones de fundición, vemos que las escorias silicatadas dan origen por enfriamiento á cristales pequeños de calcopirita. La separación magmática de este mineral en medio de las rocas eruptivas parece, pues, posible y verosímil, y es, por tanto, lógico el deducir que la roca hipogénica trajo consigo las substancias metálicas, y que las reacciones verificadas en su contacto con la caliza favorecieron la precipitación de los sulfuros de esos metales. Según la ley de Soret, cuando en una disolución hay partes á diferentes temperaturas, se verifica una concentración en las partes más frías. Algunos petrógrafos asimilan los magmas eruptivos á una disolución de los silicatos más básicos en los más ácidos, y explican, por un descenso más rápido de la temperatura, la concentración de los silicatos más básicos. No cabe duda que, en el contacto con la caliza, esta roca ha suministrado cal para la formación de esos silicatos básicos. Estas reacciones, con la consiguiente expulsión del anhídrido carbónico en forma gaseosa, han debido absorber calor y producir un enfriamiento más rápido en el contacto con las calizas que con las otras rocas sedimentarias. Cuando en esas reacciones la temperatura y la proporción de cal ocasionaron la cristalización del anfíbol, debieron también producirse las condiciones más favorables para la precipitación de los sulfuros de cobre y hierro.

El modo de introducción del granito ha sido muy discutido en los últimos tiempos. Michel Lévy, apoyándose en la observación de los fenómenos de contacto, rechaza la hipótesis del *batholito* propuesta por Suess, ó sea del relleno de un vacío previamente producido en la corteza terrestre por la combinación de movimientos laterales en la superficie con hundimientos verticales, y la del *lacolito*, masa lenticular intercalada en los terrenos sedimentarios, con una raíz profunda, adoptada por Brögger, y admite que los grandes macizos graníticos, lejos de presentar la forma de un hongo (que suponen las hipótesis indicadas), deben, al contrario, ensancharse en profundi-

dad, y que su penetración se completa con la asimilación progresiva de las rocas cuyo lugar ocupan. Suess, á consecuencia del estudio realizado en los granitos de Sajonia, se ha adherido á esta doctrina del petrógrafo francés, corroborada también con las observaciones de Lacroix en los granitos pirenaicos.

«No solamente se puede afirmar, dice Lacroix, que el granito del Alto Ariège se ha colocado en su sitio por asimilación lenta y progresiva de las rocas sedimentarias, cuyo lugar ocupa, sino que aún se puede ver muchas veces que se hallaba al final de su ascensión cuando llegó á los contactos estudiados. No se han revuelto las partes endomorfizadas del magma con las partes de composición normal procedentes de la profundidad, pues si tal hubiera sucedido, no se encontrarían los tipos endomorfizados estrechamente limitados al contacto inmediato de las calizas, pasando insensiblemente de unos á otros, presentándose con su basidez máxima allí donde la mayor disolución de la caliza está atestiguada por la solución de continuidad del lecho sedimentario calizo. La intensidad de los fenómenos endomórficos demuestra, además, que la cristalización del granito no había comenzado cuando el magma tocó á las calizas, y que, por tanto, su temperatura era entonces muy elevada, lo que también concuerda con los fenómenos metamórficos exomorfos.»

El mismo petrógrafo opina que la causa de la mayor intensidad en el metamorfismo de contacto observada por él en los Pirineos, relativamente á la que describe Brögger en la región de Cristiania, y que indujo á éste á adoptar la teoría del *lacolito*, debe buscarse en la diferente profundidad á que el magma granítico se ha encontrado en contacto con los sedimentos; y halla la justificación de este parecer en la naturaleza de las rocas estudiadas por Brögger en su pretendido *lacolito*, rocas que en su mayor parte entran en la categoría de los microgranitos y micropegmatitas, en tanto que en los primeros predomina el granito normal, y no hay esa tendencia al microgranitismo más que en los contactos inmediatos. El enfriamiento parece, pues, haber sido en el primer caso mucho más rápido que en el segundo. Además es bien sabido que los microgranitos, así como los microgranulitos, y en general todas las rocas eruptivas cuya estructura revela un enfriamiento rápido del magma, determinan fenómenos metamórficos de escasa importancia.

Los granitos de la provincia de Palencia se relacionan con los de

los Pirineos y presentan contactos muy semejantes á éstos, debiendo haberse consolidado lentamente y á profundidad considerable. Si hoy afloran á la superficie, es por efecto de los grandes derrubios que ha sufrido el terreno, levantado primeramente en el periodo carbonífero-permiano, grandemente corroido después por los agentes externos, renovado su relieve en la era terciaria por el levantamiento de la cordillera pirenaica, y otra vez aplanado por un nuevo ciclo de derrubios que desde entonces persisten.

Nos hemos extendido, acaso en demasia, sobre los estudios del Sr. Lacroix acerca de los contactos del granito, porque los vemos confirmados en los yacimientos objeto de esta Nota, y porque demuestran que el examen micrográfico de las rocas puede á veces ilustrarnos acerca del origen de los criaderos metalíferos y guarnos en su estudio.

R. A. DE Y.

NOTA

REFERENTE Á VARIOS

YACIMIENTOS DE ESTAÑO

DE LA PROVINCIA DE PONTEVEDRA

I

Aun cuando los yacimientos de estaño de Galicia son conocidos desde los más remotos tiempos, puesto que parece comprobado que los mercaderes de Tiro abordaban el litoral gallego en busca del estaño, y aun cuando los habitantes del país se han dedicado desde tiempo inmemorial al lavado de los aluviones y tierras estanníferas, lo cierto es que no ha llegado nunca á adquirir desarrollo de importancia la explotación del estaño en las comarcas gallegas.

No hay más que consultar la serie de tomos de la *Estadística oficial minera*, y se verán en todos ellos referencias á las minas de estaño de Orense y Pontevedra, deduciéndose, en consecuencia del examen de los datos que allí constan, que la producción del estaño ha sido siempre muy exigua, á pesar de que en alguna ocasión se haya intentado emprender el negocio por algunas Compañías explotadoras que, al parecer, disponían de los elementos necesarios al objeto.

Diversas causas deben haber contribuido á que la explotación de los yacimientos estanníferos no se haya desarrollado más en Galicia: la pobreza de las menas, la falta de elementos para su explotación ordenada y para la preparación mecánica, el bajo precio del estaño en algunas épocas, y también, en determinados casos, la falta de medios de transporte, aun cuando en realidad este factor no tenga, para el estaño y sus minerales ya preparados, productos de elevado precio, la importancia que es necesaria asiguarle para otros minerales de valor relativo mucho más pequeño.

Así se explica que concesiones de minas de estaño se hayan renunciado y solicitado de nuevo en repetidas épocas, según el valor del metal en el mercado y las facilidades más ó menos fundadas para su negociación, porque en Galicia, como en muchas otras partes, el denunciador de una mina no suele disponer de los elementos necesarios para la explotación.

II

En la provincia de Pontevedra, cerca del límite con la de Orense y en los términos de Lalín y Forcarey, se encuentran varios yacimientos estanníferos, entre los cuales figuran los que han de ser objeto de la presente Nota, y que corresponde á cuatro concesiones mineras denominadas *Andorra*, *Andorra 2.^a*, *Gloria* y *Purísima Concepción*.

Situadas en terreno agreste y montañoso, pero sin que las sierras que lo forman se eleven á grandes altitudes, tienen como vías de comunicación más próximas las carreteras de Pontevedra á Orense por Carballino, y de Santiago á Orense por Lalín.

La altitud media de la comarca en que radican las minas es de unos 500 metros; el clima suave, el país sano, y sus habitantes están acostumbrados al trabajo de las minas, siendo de notar que el lavado de los minerales de estaño se practica desde tiempo inmemorial por las mujeres, mediante jornales muy económicos.

Diversas corrientes de agua circulan por la comarca donde radican las concesiones mineras; atraviesa las demarcaciones de las minas *Andorra* y *Andorra 2.^a* el río llamado de la Cabana, al que afluyen los arroyos *Tras del Monte*, *Las Antas* y *Testeiro*; la mina *Gloria* está cruzada por el río *Deza* y el arroyo del *Preguntorio*, y la concesión *Purísima Concepción* dista como un kilómetro del río *Tabuadele*, y se halla surcada por el arroyo de *Narcellas*, habiendo además las aguas de una fuente que brota dentro de la propiedad. Los caudales de estas corrientes podrán ser de gran utilidad para el lavado de los minerales, y aprovecharse también su fuerza motriz en los lavaderos, de la misma manera que en la actualidad se utilizan los del río *Deza* y de la *Cabana* para mover algunos molinos situados dentro de las concesiones é inmediatos á ellas.

La mayor parte del terreno ocupado por las demarcaciones es de aprovechamiento común, y las parcelas de propiedad particular son de escaso valor.

III

Una gran mancha de terreno estrato-cristalino, que comprende parte del término de Lalín en Pontevedra, y de Carballino en Orense, se extiende por ambas provincias, con forma irregular y midiendo aproximadamente 45 kilómetros de N. á S. por 35 de E. á O. Se halla totalmente envuelta esta gran mancha por otra de granito muy extensa, y en estas formaciones geológicas es donde arman los yacimientos de estaño objeto de esta Nota.

Las rocas que componen el terreno estrato-cristalino son: el gneis, las micacitas, anfibolitas, talquitas y pizarras cloríticas, en capas orientadas por lo general de N. á S. con inclinación al O.

El granito en esta región es una roca hipogénica, de aparición posterior á las pizarras cambrianas, y se presenta con diferentes variedades, de las que, la verdaderamente interesante desde el punto de vista de su íntima relación con los criaderos de estaño, es el granito con mica blanca que, en forma de filones, atraviesa ya otro granito más antiguo, ya las rocas del terreno estrato-cristalino.

Este granito con mica blanca y con caracteres especiales que no creo necesario describir, es la granulita de los geólogos franceses, siendo de notar, como hecho interesantísimo y muy sabido, que casi todos los criaderos de estaño conocidos, se encuentran en relación manifiesta con semejantes rocas hipogénicas.

En las concesiones mineras de que hablamos se presenta la granulita estannífera formando filones de amplitud variable; el feldespato de la roca está muy descompuesto y transformado en caolín, de suerte que puede excavar con mucha facilidad, resultando una tierra formada por granos de cuarzo, caolín y laminillas de mica blanca, en la cual tierra vienen envueltos granillos de casiterita de color pardo muy oscuro y otros minerales accesorios, tales como la turmalina, el mispíquel y á veces el wolfram.

Dentro de la masa de los filones suelen presentarse vetas de cuarzo, ya siguiendo la dirección del criadero, ya formando ramificaciones transversales; con frecuencia acompaña la casiterita á estas venas cuarzosas, cuya formación se debe á fenómenos posteriores á la contracción y grietamiento de la granulita.

Cuestión interesante para los mineros es el averiguar si la caoli-

nización de la granulita persiste en profundidad, porque en estas condiciones el arranque ha de ser mucho más económico. Si la descomposición del feldespato ha sido producida por los agentes mineralizadores del estaño en estado de fluoruro, según las hipótesis más generalmente admitidas, la friabilidad de la roca persistirá en hondura; pero si el fenómeno es debido á la acción de los agentes exteriores, en este caso es de suponer que á profundidad relativamente pequeña adquirirá la granulita su consistencia propia. Los reconocimientos hechos hasta ahora en Galicia parecen confirmar la primera hipótesi, aun cuando en realidad las profundidades á que se ha llegado en las labores más avanzadas sean de poca consideración, donde si bien la granulita se presenta más compacta, persiste, sin embargo, la descomposición de la roca.

Además de los filones de granulita estannífera, donde, como ya he dicho, se encuentra el bióxido de estaño diseminado en contadas partículas, se presentan otros de cuarzo blanco con nódulos, riñones y cristales imperfectos de casiterita parda y algo transluciente, que alcanzan á veces algunos centímetros cúbicos de volumen y están repartidos con irregularidad en la masa cuarzosa del filón. El espesor de estos filones de cuarzo es, por lo general, mucho menor que el de los de granulita.

Además, se encuentran otros filones intermedios en que la granulita forma unas á manera de salbandas terrosas de los filones de cuarzo, en los cuales hay también alguna casiterita.

Mencionaré, también, varios depósitos de acarreo, procedentes del derrubio de las rocas donde arman los criaderos de estaño, é inmediatos á ellos. Es probable que tales depósitos contengan igualmente la casiterita; pero los que he visto son de extensión y espesor muy reducidos, y, por consiguiente, de poca importancia.

Considerados desde el punto de vista industrial, los filones de granulita descompuesta en las minas que he visitado son, á mi juicio, los más importantes, porque son los que tienen mayor ley media en estaño, son más potentes que los del cuarzo, tienen la riqueza repartida con más regularidad, se han de excavar con mayor economía y la preparación mecánica de sus menas ha de resultar menos complicada.

IV

Minas «Andorra» y «Andorra 2.^a» — Estas dos minas están situadas en el término de Lalin, paraje denominado la Cabana: la primera de ellas, ó sea la *Andorra*, consta de 460 pertenencias de 10000 metros cuadrados, y la *Andorra 2.^a* de 159. Entre las dos ocupan un espacio de forma irregular de 3000 metros de largo de N. á S., por 2200 de E. á O., y envuelven por completo á otras dos minas denominadas *Regeneración* y *Sara*, de 52 pertenencias la primera y 55 la segunda. Las aldeas de Porto Martín y la Trigreira, y el reducido caserío de la Cabana, están dentro de la demarcación de la mina *Andorra* é inmediatas á su límite oriental.

El río de la Cabana atraviesa las concesiones por un cauce profundo con vertientes de gran amplitud, de suerte que la topografía del terreno facilitará al laboreo de los filones de estaño sobre el fondo del valle, por medio de socavones. El régimen del río de la Cabana es permanente; á él afluyen los arroyos Tras del Monte, Las Antas y Testeiro, y sus aguas se utilizan como fuerza motriz en algunos molinos.

Distán estas minas del pueblo de Cerdeño, situado en la carretera de Pontevedra á Orense, unos 16 quilómetros por camino de herradura que pasa por Sotelo, y desde Cerdeño á Pontevedra hay 52 quilómetros por la carretera.

El precio de transporte de una tonelada puede calcularse como sigue:

Desde la mina á la carretera.....	25 pesetas.
Por la carretera al Puerto.....	22 —
<i>Total</i>	<u>47 —</u>

La altura del punto de partida sobre el mar es de unos 440 metros. El terreno está constituido principalmente por micacitas y pizarras del sistema estrato-cristalino, próximas á una mancha de granito que penetra desde la provincia de Orense.

Las rocas estrato-cristalinas forman la caja de multiplicados filones en esta región: dentro del perímetro de las minas se han encontrado, en las ligeras explotaciones ejecutadas, diversos filones estanníferos,

unos de granulita y otros de cuarzo, siendo estos últimos los más frecuentes. Los filones de granulita que he reconocido se han puesto al descubierto por medio de algunas calicatas de poca profundidad; tienen por término medio un metro de espesor, y están muy inclinados: en ellas recogí las muestras correspondientes, procurando que representaran el contenido medio de aquellos materiales estanníferos.

Ensayadas las tierras en el Laboratorio de la Escuela de Minas de Madrid, dieron el 0,98 por 100 de estaño metálico.

Los filones de cuarzo contienen la casiterita en nódulos de estructura cristalina, repartidos con escasez é irregularidad en la masa cuarzosa. Varios de estos filones presentan salbandas terrosas de granulita descompuesta y estannífera, entre ellos merece mencionarse uno inmediato al punto de partida de la mina *Andorra*, cuyo afloramiento se excavó antiguamente por zanja: se inclina este filón 50° al N., siendo su espesor de 50 centímetros; ensayadas en el mismo Laboratorio las tierras de este criadero, dieron 1'86 por 100 de estaño metálico.

Las labores de exploración ejecutadas en estas minas se reducen á algunas calicatas, que no son suficientes para formar concepto del recorrido de los filones, ni propias para conocer su marcha y condiciones en profundidad. Es, sin embargo, indudable que el número de filones que allí se presentan es bastante considerable, llegando á 52 los que, al parecer, se han descubierto; pero hasta que no se practiquen labores de reconocimiento en debida forma, no es prudente aventurar juicio acerca de sus condiciones de explotación.

Mina «Gloria.»—Situada esta concesión minera en el término de Lalin, paraje denominado San Martín del Ermo (Larozo), consta de 60 pertenencias de 10000 metros cuadrados, dispuestas en forma de rectángulo de 1000 metros de E. á O. por 600 de N. á S.

Distá unos 5 1/2 kilómetros de Silleda, pueblo de relativa importancia situado en la carretera de Santiago á Orense. La mayor parte de la concesión está situada á la derecha del río Deza, de caudal abundante, siéndole afluente el arroyo del Preguntorio, que circula inmediato á la mina con rápida pendiente, y se utilizan sus aguas para mover un molino.

El pueblecito de San Martiño está en el límite oriental de la demarcación, y en una comarca no muy doblada; el punto de partida de la mina está á unos 200 metros de altitud, en la ladera de un cerro casi desnudo de vegetación, que vierte al río Deza, presen-

tándose algo escarpado en la orilla del río, así como también en su vertiente al arroyo del Preguntorio.

El camino más adecuado para el transporte hasta el puerto de embarque es la carretera de Silleda á Santiago, y desde aquí por vía férrea al puerto de Carril.

El precio de coste del transporte de una tonelada puede establecerse como sigue:

Desde la mina hasta la carretera.....	16	pesetas.
Desde este punto á Santiago.....	22	—
Desde Santiago al Carril por ferrocarril....	8	—
	<hr/>	
<i>Total</i>	46	—
	<hr/>	

Casi toda la demarcación de esta mina está en granito con mica blanca en laminillas, que en algunos puntos alcanzan hasta un centímetro cuadrado de superficie; las micacitas y el gueis se presentan en la parte del O. cerca de los filones.

Próximas á esta concesión se encuentran otras de wolframita y casiterita, que una Compañía inglesa ha tratado de explotar, habiendo instalado al efecto un taller de preparación mecánica.

Dos filones paralelos que se dirigen del E. 10° S. al O. 10° N., se manifiestan con toda claridad en la mina *Gloria*: son casi verticales, con ligero tendido al S.; distan entre sí unos ocho metros. Estos filones están formados por una masa de granulita descompuesta, de 70 centímetros á un metro de grueso, en cuyo interior se presenta una zona de cuarzo blanco con brillo craso; su espesor es variable entre dos y 50 centímetros, y contiene nódulos y cristales imperfectos de casiterita, distribuidos muy irregularmente. Existen además vetillas de cuarzo que se ramifican en la masa del filón, teñidas, á veces, por un producto ferruginoso. La granulita caolinizada de los filones contiene igualmente casiterita en partículas muy escasas, pero repartidas con alguna regularidad.

Es evidente que para conocer el contenido medio de los criaderos en la zona de cuarzo compacto, hubiera sido preciso arrancar y después moler muestras convenientemente elegidas en diferentes puntos; pero no disponiendo de elementos al efecto, las saqué solamente de la granulita de los dos filones en diferentes puntos de su recorrido,

para que representaran el promedio de la riqueza, y hechos los ensayos en el Laboratorio de la Escuela de Minas de Madrid, dieron 0'96 por 100 de estaño é indicios de cobre.

Por consecuencia de los trabajos ejecutados por los *aventureros* (asi denominan en el pais á los mineros que se dedican á la explotación de los asomos de los yacimientos de estaño), las cabezas de los dos filones aparecen excavadas en dos zanjas casi continuas que se extienden en una longitud de más de 400 metros desde el arroyo Preguntorio á Poniente, de manera que estos dos filones se presentan perfectamente caracterizados; pero es probable que haya algunos otros, porque más arriba, en el mismo arroyo Preguntorio, pude observar un afloramiento de granulita caolinizada estannífera, y además, por la parte alta de la demarcación, existen, al parecer, tres filones de cuarzo también con casiterita.

La proximidad de esta mina al río Deza, de caudal abundante, y al arroyo Preguntorio, que pueden suministrar agua sobrada para lavado y fuerza motriz; su distancia relativamente corta á la carretera; la continuidad de los filones, y el resultado del ensayo de los minerales, son circunstancias favorables que inducen á aconsejar un reconocimiento completo de los criaderos, para calcular después, en vista de los resultados, las ventajas que puedan conseguirse con la explotación.

Por lo demás, conviene indicar que el laboreo de estos yacimientos estanníferos podrá hacerse por socavones hasta una profundidad relativamente pequeña, siendo después necesario continuar los trabajos por medio de pozos y galerías.

Mina «Purísima Concepción.»—Está situada en el término de Forcarey, paraje Outeiro de Reconto (Pereira); se compone de 71 pertenencias, ó sea 710000 metros cuadrados, que forman un rectángulo de 900 metros de E. á O. por 700 de N. á S., con un apéndice en su ángulo SO. que se dirige al Mediodía, con 200 metros de anchura por 400 de largo. Son colindantes á esta mina por el S. las concesiones *Amalia*, *Ampliación* y *Estradense*, donde hay algunos trabajos antiguos y escombreras que demuestran que fueron trabajadas con intensidad, pero, al parecer, sin un plan ordenado de explotación.

Inmediatos á esta mina se encuentran varios pueblecillos, entre ellos Antón, que está unos dos quilómetros al S. El río de Tabuadelo corre como á un quilómetro de la concesión, y cerca de ella el arro-

yo Narcellas; además brota una fuente abundante al N., cerca del punto de partida.

Este último se halla á unos 660 metros de altitud en un cerró de poca elevación, siendo también poco acentuado el relieve del resto de la concesión minera; de suerte que no se presentan desniveles notables para poder atacar los yacimientos de estaño por medio de socavones.

La vía de comunicación más próxima es la carretera de Pontevedra á Orense, la cual dista unos ocho quilómetros por camino de herradura, hasta Cerdeño, á 36 quilómetros de Pontevedra. Y así, el transporte de una tonelada puede calcularse como sigue:

Desde la mina á la carretera	20	pesetas.
Por la carretera hasta el Puerto.	22	—
<i>Total</i>	<u>42</u>	—

El terreno de la mina está constituido por pizarras y micacitas del sistema estrato-cristalino, que en el punto de partida se presentan en capas casi verticales; en estas rocas arman varios filones de granulita descompuesta, que, al parecer, se dirigen al N. 30° E.; y digo al parecer, porque por estar ocultos por la tierra vegetal no asoman á la superficie, y porque las calicatas que se han hecho sobre ellos son muy deficientes para poder formar juicio preciso acerca de la marcha, número y condiciones de los filones en cuestión.

Las tierras de granulita descompuesta procedentes de estas calicatas, tienen un contenido medio de estaño metálico de 1'16 por 100, según resulta de un ensayo practicado en el Laboratorio de la Escuela de Minas de Madrid.

Aun cuando los trabajos de reconocimiento ejecutados en esta mina no son más que ligeras exploraciones, es, sin embargo, indudable que dentro de la concesión se encuentran criaderos de estaño con ley de relativa importancia; y si á esto se agrega su proximidad á otras minas de donde se extrajo antiguamente la casiterita en cantidades de alguna consideración, resulta de interés el ejecutar nuevos y más completos trabajos de reconocimiento, que podrán dar la luz necesaria para averiguar si los yacimientos de estaño en cuestión pueden ó no explotarse ventajosamente.

V

Vemos, pues, en resumen, que en las concesiones mineras objeto de esta nota, se presentan los criaderos de estaño en forma de filones, cuyo número y extensión no se ha determinado todavía con bastante precisión dentro del perímetro de las demarcaciones.

De los ensayos practicados, resulta que el contenido de las tierras de estos filones oscila entre 0'96 y 1'86 por 100, y es necesario, por consiguiente, someterlas á una preparación mecánica para concentrarlas y ponerlas en condiciones de venta, ó de fundición en la localidad.

Son estos criaderos comparables á los de San Francisco de Avión, de Orense, si bien es de suponer que no alcancen su potencia, que oscila entre 1 y 10 metros; pero se aproximan y aun quizás excedan en la riqueza media, que es de 0'95 por 100.

No se hallan las minas que he visitado en condiciones de poder entrar en cálculos, siempre aventurados, acerca del beneficio que pudiera reportar la explotación de sus filones: sería preciso para ello emprender labores de reconocimiento en debida forma, que habrán de fijarse después de una observación detenida de la topografía del terreno y con el auxilio de los planos necesarios; mientras tanto, será conveniente prestar alguna atención á los datos industriales que consignaremos, con que se demuestra que, si bien las menas de estaño de Galicia son en realidad pobres, se explotan en otras localidades extranjeras criaderos con ley más inferior todavía.

VI

Una vez ejecutadas las labores de reconocimiento en las minas que he descrito, y averiguada que sea la extensión de sus filones y su *contenido medio* en estaño, podrá hacerse un avance de cubicación de las masas explotables y calcular después el estaño que contienen, ó sea la riqueza de los criaderos, hasta una profundidad determinada. Pero el problema de determinar el beneficio que podrá reportar la explotación de los yacimientos estanníferos, es bastante complejo, porque hay que tener en cuenta una porción de factores variables, según las condiciones de los criaderos y las circunstancias locales: hay que

fijar el precio de arranque del metro cúbico de filón, el de extracción, el de la preparación mecánica, transporte, etc., y realmente, por lo que á los estaños de Galicia concierne, no hay datos *prácticos*, ó por lo menos yo no los conozco, que puedan utilizarse para el objeto.

En un informe sobre una mina de estaño de la provincia de Orense con criaderos semejantes á los de la de Pontevedra, redactado por un distinguido Ingeniero del Cuerpo de Minas, se supone la existencia de un grueso filón de granulita estannífera con riqueza de 1'60 por 100 de casiterita con ley del 58 por 100 de estaño, ó sea el 0'95 por 100 de estaño metálico.

En las minas de Villeder (Mirbian, Francia), oscila el contenido en estaño del mineral entre 1'02 y 14'16 por 100.

En Altemberg (Sajonia), la ley en estaño varía entre $\frac{1}{3}$ y $\frac{1}{4}$ por 100.

En Montebras (Creuse, meseta central de Francia), se explotan unas minas en que el mineral contiene, por término medio, de cuatro á cinco milésimas de estaño, y las partículas son tan tenues que flotan al lavarlas.

En Malaca se explotan filones con trozos de óxido de estaño de más de 100 quilogramos, y algunos de estos filones con el 16 por 100 de metal.

De suerte que, por los datos que anteceden, vemos que se explotan criaderos de estaño, filonianos, con ley tan baja como la de cuatro á cinco milésimas (Montebras, Altemberg), y en cambio en otras regiones alcanzan hasta el 16 por 100 (Malaca).

Pero el precio de coste de la tonelada de estaño no está en proporción con la ley media de los criaderos; es decir, que un filón de una comarca dada que contenga, por ejemplo, el 2 por 100 de estaño, no producirá doble beneficio que otro filón de la misma comarca ó de otra donde la ley sea sólo del 1 por 100, porque los factores de que he hablado anteriormente pueden influir en forma tal, que la explotación del filón más pobre resulte en definitiva más lucrativa.

Para poner bien manifiesto lo que acabo de decir, consigno en el siguiente cuadro el contenido medio y el precio de coste de la tonelada en varios tajos de labor de las minas de Villeder:

DESIGNACIÓN DE LOS TAJOS	Espesor del filón en metros.	Contenido del mineral en estaño metálico por 100.	Estaño metálico utilizable por tonelada de mineral.	Precio de coste de la tonelada de estaño metálico en francos.
Número 1.....	4'00	1'02	7'13	1860
Número 2.....	1'00	2'16	15'06	1467
Número 3.....	4'20	1'88	13'12	1205
Número 4.....	4'20	2'75	19'26	4050
Número 5.....	1'00	2'93	23'15	4036
Número 6.....	0'30	3'31	40'67	862
		4'16	74'34	
Número 7.....	»	2'88	19'16	571

Por lo que se refiere á las minas de Galicia, no existen, ó por lo menos no han llegado á mi conocimiento, datos acerca del coste de la tonelada de estaño. Sólo consignaré que, en la Memoria antes citada, se supone que el metal refinado procedente del filón de granulita con ley de 0'93 por 100 de estaño, podrá resultar á 751 pesetas al pie de fábrica, y puesto en Londres á 816'52 pesetas.

Vemos, por consiguiente, comprobado por estos datos que el precio de coste de la tonelada de estaño oscila entre límites muy diversos.

Por otra parte, el valor del estaño ha experimentado en los últimos veinte años oscilaciones muy considerables: desde 1896, en que estaba á 61 libras la tonelada, ha subido sin cesar, hasta llegar actualmente á 166'10.

Pero al mismo tiempo debe observarse que desde el año 1887 hasta 1891 los estaños alcanzaron también elevado precio, aunque no tanto como ahora, y á este motivo debe atribuirse, sin duda, la formación entonces de varias Compañías extranjeras para la explotación de los minerales de Galicia, en Orense principalmente, y no estará de más que hagamos un poco de historia respecto á este punto.

Las empresas más importantes que en aquella época se ocupaban en la explotación del estaño eran la de «San Francisco de Avión,» la Sociedad «Tin Viso Limited» y la «Galicia Tin Maatschappij,» que era una Compañía holandesa.

En la primera se explotaban unos filones de granulita estannífera, que, á juicio del Ingeniero Jefe del distrito, eran los más importantes de la comarca; se instaló un taller de preparación mecánica bastante completo, así como también los hornos para la fusión de los minerales. Pero bien porque las obras se calcularan para un mineral más rico, bien por su mala instalación, lo cierto es que al poco tiempo tuvieron que pararse y dedicarse á un trabajo á estilo del país.

La segunda suspendió la explotación de los aluviones por el mal resultado obtenido, y trató de explotar los criaderos en filones.

La Compañía holandesa construyó un canal de tres kilómetros para mover una turbina de 500 caballos de fuerza que se instaló al efecto, un taller de preparación mecánica, un puente de hierro sobre el río Pentes y una carretera de más de cuatro kilómetros. Se esperaba que esta Compañía resolvería el problema de los estaños de Galicia; pero no fué así: los trabajos de exploración se siguieron en pequeña escala, y los lavados se hicieron á estilo del país.

Vino después la baja del estaño, y todas estas Compañías suspendieron sus trabajos, y se renunciaron en la provincia de Orense muchas hectáreas de concesiones de estaño, como lo demuestra el hecho de que en 1891 existían concedidas 236 hectáreas productivas y 2167 improductivas; en 1895 eran sólo 42 las hectáreas productivas y 905 las improductivas, y en 1897 no había ninguna mina productiva y sólo 278 hectáreas demarcadas é improductivas.

Todos estos datos, sacados de las estadísticas oficiales, demuestran evidentemente que la explotación de los estaños gallegos exige un elevado precio del metal, si es que aquélla ha de llevarse á cabo con beneficioso resultado; también demuestran que el lavado de los minerales ofrece serias dificultades, que hasta ahora no han sido, al parecer, resueltas, puesto que las Compañías en cuestión, recurrían en definitiva á los rudimentarios é imperfectos procedimientos del lavado de la comarca.

Vuelve el estaño á cotizarse á elevados precios en estos últimos años, se registran de nuevo las concesiones antiguas, nuevas empre-

sas se organizan para explotar los yacimientos gallegos, y ciertamente, si el alza persiste mucho tiempo, no sería de extrañar que tuvieran mejor fortuna que sus predecesoras, porque aun cuando en realidad los minerales de Galicia sean por lo general pobres, hay, como hemos visto, otras comarcas donde se explotan criaderos en condiciones tan poco ventajosas.

RAFAEL SÁNCHEZ LOZANO.

NOTA

REFERENTE Á VARIOS

YACIMIENTOS DE MINERALES DE PLOMO

DE LA VERTIENTE SEPTENTRIONAL DE SIERRA NEVADA

I

No es mi propósito, ni sería pertinente al objeto de esta Nota, hacer una descripción detallada de la geología de la región meridional de la provincia de Granada; pero sí es conveniente reseñar, siquiera de manera sucinta, la serie de terrenos que allí se encuentran para fijar con precisión el horizonte geológico en que arman los criaderos que he de describir, y poner de manifiesto las coincidencias de yacimiento entre ellos y los de otras regiones inmediatas de importancia reconocida desde el punto de vista minero.

La Sierra Nevada es una enorme masa de rocas del terreno primitivo, que se eleva hasta 3481 metros de altitud, cuya composición mineralógica parece á primera vista muy sencilla, porque está compuesta de pizarras más ó menos micáceas que, con leve inclinación al N.NO. en la parte septentrional de la sierra, y al S.SE. en la meridional, forman una gran bóveda ó pliegue anticlinal. Este macizo montañoso se halla rodeado por otros terrenos sedimentarios más modernos, que forman sus contrafuertes, con la circunstancia de que las capas que los constituyen se presentan muy dislocadas, con múltiples pliegues y aun levantadas hasta la vertical; refieren los geólogos estos terrenos á las épocas cambriana y triásica, de suerte que, aparte de los depósitos terciarios y cuaternarios, representados también en la región, pero con poco interés desde el

punto de vista minero, la serie de formaciones que allí se encuentran deben clasificarse como sigue, á partir de las más modernas:

TERRENO TRIÁSICO.—Constituido por calizas magnesianas blanquecinas y calizas azuladas.

TERRENO CAMBRIANO.—Pizarras más ó menos satinadas y micáferas, cuarcitas, areniscas, calizas dolomíticas amarillas, y algunos yesos.

TERRENO ESTRATO-CRISTALINO.—Micacitas granatíferas, anfíbolitas, serpentinas y calizas.

La mayor parte de los criaderos metalíferos de la región de que hablamos arman en las rocas triásicas y cambrianas, siendo los de plomo los que han dado lugar á trabajos de mayor importancia, y de los que hasta la fecha se han obtenido mayores ventajas. En la Sierra de Lújar, Calares de Turón, Sierra Almajara, Sierras de Baza, Gor, Alfacar y Huétor Santillán se encuentran yacimientos de plomo en condiciones semejantes á los de los términos de Quentar, La Peza y Gúejar Sierra que he de describir, y en la misma forma se presentan los famosos de la Sierra de Gador, donde llegaron á explotarse al mismo tiempo 1500 minas, comprendiendo las de las Sierras de Lújar y la Contraviesa, y alcanzando la considerable producción de 40000 toneladas al año.

II

Minas «Virgen del Carmen» y «Encarnación.»—

En las estribaciones de la vertiente septentrional de Sierra Nevada, á los 37° 14' de latitud y á 0° 16' de longitud E. del meridiano de Madrid, se encuentran situadas estas dos minas, siendo su altura sobre el nivel del mar de unos 1400 metros.

Sus demarcaciones están comprendidas en los términos de Quentar y La Peza, de la provincia de Granada, en terreno agreste y montañoso, donde hay bosques de encinas, robledales y pinares. El poblado más próximo es la aldea de El Tocón, muy inmediata á la mina *Encarnación* y distante unos tres kilómetros de la concesión *Virgen del Carmen*.

Varios torrentes de profundo cauce y rápida pendiente circulan por la comarca y sus aguas pueden ser aprovechadas para las necesidades de la industria minera, y en parte hoy se utilizan para mover algunos molinos harineros.

En la región donde radican estas minas no existen vías fáciles de comunicación: el transporte de los minerales sería necesario hacerlo por camino de herradura en 26 kilómetros de distancia hasta Guadix, estación del ferrocarril de Linares á Almería, que dista 100 kilómetros de esta capital, donde, como es sabido, existe puerto para el embarque. Hay, por otra parte, un proyecto de carretera que, empalmando con la de Guadix á Granada en la Venta de Juan Ramón, sigue por La Peza y Graena á enlazar de nuevo en Puruñena, y que, de construirse, pudiera utilizarse para el transporte, porque su trazado pasa á corta distancia de El Tocón.

La zona donde se encuentran las minas *Virgen del Carmen* y *Encarnación*, está constituida por las calizas magnesianas triásicas en capas más ó menos dislocadas, que se apoyan sobre las rocas cambrianas, representadas por pizarras satinadas micáferas con intercalaciones de cuarcitas y calizas dolomíticas; el criadero de plomo de la mina *Encarnación* arma en las calizas triásicas, mientras que el de la *Virgen del Carmen* está encajado entre los estratos cambrianos; los demás detalles y circunstancias de estos yacimientos se explicarán seguidamente en la descripción de las minas.

Componen la concesión minera *Virgen del Carmen* 45 pertenencias de 10000 metros cuadrados, que forman un rectángulo de 1500 metros de largo por 300 de ancho, con sus lados mayores orientados del NE. al SO.; fué demarcada en 1.º de Mayo de 1900, habiéndose además solicitado la ampliación de la mina por la parte del NO., con lo que se aumenta considerablemente la amplitud de la concesión. El punto de partida está situado al NE. de unas labores antiguas, y dista 35 metros de la puerta de una caseta que se ha edificado para el servicio de la mina.

Dentro de la demarcación aparecen las calizas triásicas, ocupando la mayor parte de la región septentrional; pero en la zona del Mediodía estas calizas han desaparecido por efecto de los derrubios, dejando al descubierto una mancha cambriana, constituida por pizarras micáferas, cuarcitas y calizas, que comprende el punto de partida, y unos riscos situados 250 metros al NE., conocidos con el nombre de El Castillejo, donde los estratos cambrianos se inclinan unos 60° al NO.

Las calizas triásicas se presentan á uno y otro lado de la mancha cambriana, formando las dos ramas de un pliegue anticlinal, con pocos grados de buzamiento, mientras que las pizarras y cuarcitas

4 cambrianas van aumentando su pendiente á medida que se aproximan al punto de partida de la mina, donde asoma una zona estrecha de caliza silicea con venas de cuarzo en capas casi verticales con direcci3n al N. 25° E., en las que arma el criadero de galena en cuesti3n.

Un corte geol3gico al trav3s del terreno de la misma, presentaría en la parte central las calizas silíceas con mineral de plomo, que se concentra principalmente en el eje del pliegue, verdadera línea de fractura por donde un producto silíceo-plumbífero debió de penetrar, impregnando las capas calizas y constituyendo un criadero de la clase de los conocidos con el nombre de filones-capas, y á uno y otro lado de estas calizas se verían las cuarcitas y pizarrillas rojas cambrianas, concordantes con las calizas, pero con pendiente cada vez menor, á medida que se alejan de ellas, como ya antes he indicado. De suerte que el criadero de plomo se presenta en una zona de caliza de unos 10 metros de amplitud, comprendida entre dos bandas de pizarras; circunstancia reconocida por los geólogos como favorable para la formaci3n de esta clase de criaderos metalíferos. En el mismo corte se indicaría también las calizas magnesianas triásicas, apoyadas sobre las rocas cambrianas; y debe observarse que en el contacto de ambos terrenos se encuentran igualmente algunos dep3sitos de galena, de poca importancia al parecer.

He aqu3 ahora la forma en que se presenta el criadero de plomo: en el punto de partida, las calizas silíceo-magnesianas compactas, de color gris, muy duras y con vetas blancas de cuarzo y algunas de caliza, también blanca, aparecen cruzadas en todas direcciones, pero preferentemente dispuestas, seg3n los lechos de estratificaci3n, por venillas de galena de grano muy fino que se reconcentran en la parte central de la masa caliza, constituyendo un criadero que sigue en direcci3n al N. 25° E., seg3n la marcha de los estratos calizos, pero que no puede ser reconocido en otros puntos del exterior por hallarse oculto por la tierra vegetal.

Subterráneamente puede examinarse penetrando en una labor en trancada de forma irregular, hecha en tiempos antiguos arrancando el mineral de manera codiciosa. Se trata de un socav3n descendente, de unos 66 metros de longitud, donde en casi todo su recorrido pueden observarse vetas de galena que, al parecer, van en aumento con la profundidad, puesto que en los últimos metros se presentan en mayor número y de mayor espesor, viéndose en el testero una de cinco

5 centímetros de grueso, aparte de otras venillas más delgadas, cuya totalidad representa una metalizaci3n de relativa importancia. El criadero en conjunto tiene inclinaci3n de 65° á 70° al NO., y la profundidad alcanzada es de 25'50 metros por debajo de la boca de entrada.

El mineral de plomo de este criadero es, como ya se ha dicho, la galena de grano muy fino, variedad acerada, con ganga de cuarzo y caliza; se han practicado varios ensayos de diferentes muestras de este mineral en el Laboratorio de la Escuela de Minas de Madrid y en el del Ingeniero químico D. Antonio García Parreño, de Cartagena, con el resultado siguiente:

LUGAR DEL ENSAYO	PLOMO	PLATA	
		Gramos en tonelada.	Onzas en quintal.
Laboratorio de la Escuela de Minas de Madrid.....	57'90 %	95	0'45
Idem de D. Antonio García Parreño, de Cartagena.....	76 %	»	0'24

No hay que extrañar la diferencia del contenido en plomo en los dos ensayos, porque la muestra que se remiti3 á la Escuela de Minas representaba el término medio de un mont3n de mineral toscamente lavado, que se conservaba en la caseta de la mina, y la ensayada por el Sr. Parreño era un fragmento de galena escogida. Por lo que se refiere á la proporci3n en plata de estos minerales, resulta ser tan exigua que no puede entrar como factor en su valoraci3n comercial. •

Se trata, pues, de una galena con bastante ley en plomo para cotizarse en el mercado; pero esto no es suficiente para que la mina pueda ser explotada con ventaja: es preciso, además, que se presente el mineral en cantidad bastante para sufragar los gastos inherentes á la explotaci3n, preparaci3n mecánica y transporte, y ciertamente, si por reconocimientos sucesivos se llega á demostrar que la

metalización del criadero va en aumento ó que, por lo menos, persiste en la proporción en que se presenta en el testero de la trancada, hay fundados motivos para esperar que no sólo habrán de cubrirse aquellos gastos, sino que la explotación podrá llegar á ser beneficiosa.

Aparte del criadero principal que acaba de describirse, se encuentra otro situado unos 25 metros al SE. hacia el límite de la demarcación: en este paraje aparece una pequeña zona metalizada á lo largo de determinadas capas de caliza triásica, donde se han hecho someras excavaciones para extraer el mineral de plomo. De este mineral recogí algunas muestras que, ensayadas en el Laboratorio de la Escuela de Minas, dieron 65 por 100 de plomo y 110 gramos de plata por tonelada, ó sea 0'18 onzas por quintal castellano.

Es muy frecuente en las zonas de calizas triásicas que envuelven el macizo de Sierra Nevada encontrar bolsadas pequeñas de galena que, por su insignificancia, no merecen la pena de explotarse, y es probable que en este caso se encuentre el criadero último de que estoy tratando, pues de otra suerte, y de haberse arrancado el mineral en cantidad de alguna consideración, quedarían como testimonio de la explotación las excavaciones y escombreras, que allí no tienen importancia alguna.

La concesión minera *Encarnación*, inmediata, como ya se ha dicho, á la aldea de El Tocón, en el paraje denominado mesetas de El Tocón de Quentar, consta de 60 pertenencias, que forman un cuadrado de 64 hectáreas, al que se le han eliminado cuatro pertenencias en su lado SE. Demarcada como la anterior en Mayo de 1900, tiene por punto de partida el centro de la boca de una trancada antigua situada 41'50 metros al O. 5° S. de un pozo que comunica con ella. Solicitose además la ampliación de esta mina por su región NE., donde existen también algunos trabajos antiguos.

Todo el terreno de la concesión minera está constituido por las calizas magnesianas triásicas en capas poco inclinadas en las inmediaciones de El Tocón, pero con pendiente muy marcada en el punto de partida, donde es de 48° al N., mientras que por la región NE., ya fuera de la demarcación, se encuentra un eje de plegamiento que se dirige al E. 55° N., variando la inclinación de las capas desde 50° á 70° al E.SE.

El mineral de plomo se presenta distribuido en un horizonte determinado en las calizas, y fué explotado hace años, quedando como

testimonio de la explotación algunas labores, rellenas en parte. Comenzóse por abrir un pocillo inclinado de 5'50 metros de profundidad, se siguió después con una labor descendente de forma irregular de 93'50 metros de longitud, y para facilitar la extracción de los minerales y la ventilación, se abrió posteriormente un pozo de metro y medio de diámetro y 23'50 de profundidad, que comunica con la labor en cuestión: este pozo, con su correspondiente torno, se hallaba protegido por una caseta, que á la vez servía de almacén.

La mena procedente de estas excavaciones es la galena, por lo general de grano fino y acerada, y á veces hojosa ó lamelar; su ganga es caliza silíceo-magnesiana de color gris, procedente de las capas triásicas más ó menos metamorfoseadas. Preséntase el mineral dentro de la excavación minera formando venas y relleno algunas bolsadas, con arcillas rojas, dentro de las capas triásicas, y está repartido con cierta irregularidad; en el cruce de una travesía pequeña que se labró en roca estéril, se ve en un metro de longitud, á lo largo del techo de una capa caliza, una veta de galena de cuatro centímetros de grueso que salta rápidamente al muro para desaparecer al poco tiempo; en la parte más inferior de la trancada, la metalización es muy escasa, mientras que en la región inmediata al pozo, y principalmente entre éste y un sumidero que hay algo más arriba, debió ser abundante, porque las labores están rellenas de escombros por haberse extraído el mineral en cantidad que, según se afirma por los mineros, fué de consideración.

Del reconocimiento de estas labores resulta que el plomo se encuentra distribuido en una zona estratigráfica de calizas de color gris con venas blancas, en capas que se dirigen de E. á O. con inclinación media de 48° al N., habiéndose presentado algunas zonas bastante extensas y enriquecidas para ser explotadas con ventaja.

Los minerales han sido ensayados en el Laboratorio de la Escuela de Minas de Madrid y en el de D. Antonio García Parreño, de Cartagena, habiéndose obtenido el resultado siguiente:

LUGAR DEL ENSAYO	PLOMO	PLATA	
		Gramos en tonelada.	Onzas en quintal.
Laboratorio de la Escuela de Minas de Madrid.	78 %	435	0'22
Idem del Sr. García Parreño, de Cartagena.	82 %	»	0'44

Las diferencias en el resultado del contenido en plomo dependen, sin duda alguna, de la elección de muestras; y en cuanto á la plata, en ninguno de los dos ensayos entra en la proporción necesaria para aumentar el valor del mineral.

Fuera de los límites de la mina, al E. de las labores descritas, y dentro de la ampliación solicitada, se presentan también minerales de plomo en una zona de capas calizas que se dirigen al E. 55° N., con inclinación austral de 50° á 70°; en este punto existen algunos trabajos antiguos de poca importancia que se reducen á dos trancadas: una, la más occidental, tiene unos cuatro metros de profundidad y sigue una excavación de dos metros á Poniente, donde se descubre una veta de galena de tres centímetros de grueso por 20 de recorrido, aparte de otras venillas poco importantes; la otra labor, situada al E. de la primera, tiene cuatro metros de longitud y no aparece en ella metalización que merezca tenerse en cuenta.

Como consecuencia de lo expuesto acerca de la mina *Encarnación*, puede afirmarse que en ella se encuentra el mineral de plomo distribuido dentro de las calizas triásicas; que ha sido explotado antiguamente con labores codiciosas; y que, dadas las condiciones de esta clase de yacimientos, es probable que continúe el criadero en una extensión más ó menos considerable, siendo posible que en determinados parajes adquiera la metalización necesaria para ser explotado ventajosamente.

Mina «Matilde.»—En las estribaciones de la vertiente septentrional de Sierra Nevada, á unos cuatro kilómetros al SO. de la aldea de El Tocón y á unos 18 al E. de Granada, está situada esta



mina, que es de forma cuadrada con lados de 800 metros, orientados de N. á S. y de E. á O. respectivamente. En el sitio que ocupa hay un cerro cuya cima se eleva á 4580 metros de altitud, formando una meseta conocida con el nombre de Los Lastonares, donde aparecen multitud de excavaciones ejecutadas por los antiguos rebuscadores de mineral.

La vía más adecuada para el transporte de los minerales hasta el punto de embarque es el ferrocarril de Linares á Almería, pero sería necesario conducirlos antes á Guadix por camino de herradura en unos 49 kilómetros, y desde Guadix á Almería por la vía férrea, en un recorrido de 100 kilómetros.

El cerro de la meseta de de Los Lastonares, donde se encuentra la mina *Matilde*, está formado por capas de caliza magnesiáica, ya compacta, ya cavernosa, que corresponden al terreno triásico, siendo de notar que en esta región las dislocaciones no han sido muy intensas, pues las rocas triásicas presentan poca inclinación.

Los minerales de plomo se encuentran en forma de bolsadas orientadas según determinados accidentes estratigráficos, y suelen ir acompañados de arcillas rojas, en las cuales vienen envueltos, y otras veces forman vetas que cruzan en varias direcciones los estratos calizos.

La galena que allí se halla es de estructura hojosa unas veces y otras de grano fino, habiendo sido ensayada en el Laboratorio de la Escuela de Minas de Madrid, y resultando que la muestra remitida contenía 77 por 100 de plomo y 75 gramos de plata por tonelada, ó sea 12 centésimas de onza por quintal castellano de mineral. Es, pues, una mena rica en plomo, que no puede considerarse como argentífera desde el punto de vista industrial.

Los criaderos de plomo en bolsadas dentro de la caliza se caracterizan por su irregularidad; no es posible precisar sin reconocimientos muy detenidos los puntos donde se ha depositado el sulfuro de plomo, ni mucho menos aventurar juicio alguno acerca de la mayor ó menor cantidad de mena explotable que puede contener cada bolsada: sólo puede afirmarse que se encuentra distribuida á lo largo de determinados horizontes de capas, y por lo que á la mina *Matilde* concierne, es indudable que en otros tiempos se han extraído cantidades de mineral de alguna consideración, no sólo con labores superficiales, sino con otras de mayor importancia, como lo atestiguan

la multitud de escombreras que allí se encuentran y las noticias adquiridas en la localidad.

Se dice, en efecto, que hacia el año de 1870, la casa Heredia de Málaga hizo en aquel paraje varios trabajos, entre ellos un socavón ó traversa de unos 200 metros de largo, cuyo coste ascendió á 6000 duros, habiendo empleado en estas labores de 35 á 40 hombres y conseguido en una varada de seis meses considerable ganancia sobre el capital invertido.

Resulta, pues, que por las condiciones geológicas del terreno en que arman los minerales de la mina *Matilde*, por la forma en que los criaderos se presentan y por los antecedentes reunidos, se trata de yacimientos que es preciso reconocer en debida forma para determinar si existen allí bolsadas de mineral en condiciones de explotación ventajosa, sin que, por lo pronto, pueda aventurarse conjetura alguna positiva, respecto á la importancia y situación de las bolsadas en cuestión.

RAFAEL SÁNCHEZ LOZANO.

LOS TERRENOS SECUNDARIOS

DE LAS PROVINCIAS DE

MURCIA, ALMERÍA, GRANADA Y ALICANTE ⁽¹⁾

Los Sres. Bertrand y Kilian demostraron que en Andalucía la estratigrafía de la zona Subbética se caracteriza por un sistema de pliegues paralelos á la dirección general de la Sierra Bética y de la gran falla del Guadalquivir. Yo he podido reconocer que la misma estructura se manifiesta desde el N.E. de las provincias de Granada y Almería, hasta la de Murcia, Alicante y Valencia.

Se puede considerar como participando de este sistema de pliegues la Sierra Seca, la Sierra Grillemona, la Sierra Sagra (provincia de Granada), las Sierras de María y de Periate (Almería), las Sierras de Caravaca y de las Cabras (Murcia), la Sierra de Crevillente, y, en fin, todas las alturas que rodean la comarca de Alcoy y van á derramarse por las provincias de Alicante y de Valencia.

Se puede, además, señalar en la zona Subbética, la existencia de un segundo sistema de dislocaciones, de dirección perpendicular al primero. Esta estructura, fácilmente observable en la región de Alicante, en las Sierras de Orcheta y de Busot, en las cercanías de Alfaz y de Callosa de Ensarriá, y en la gran falla que limita por el E. la Sierra Mariola, se encuentra también al O. en la provincia de Murcia, aunque los pliegues perpendiculares á la falla del Guadalquivir son allí más raros; pero en conjunto se determina cierta analogía con la red ortogonal que el Sr. Bertrand ha hecho conocer en 1894 para Francia.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 2 Marzo 1896.

El estudio estratigráfico de los terrenos secundarios entre la Sierra Sagra (NE. de la provincia de Granada) y la provincia de Alicante, ha proporcionado los resultados siguientes:

SERIE LIÁSICA (vertiente S. de la Sierra Sagra, Cortijo de la Monja).

—1.º Sinemuriense: calizas con nódulos silíceos, *Arietites* cf. *multicostatus*, Hauer. 2.º Charmutiense: *a*, calizas silíceas y piritosas, *Celoceras Petlos*, Quenot; *Lytoceras* n. sp., *Phylloceras*, *Oxintoceras* de gran tamaño; *b*, calizas con *Racophyllites lariensis*, Men.; *Harpoceras normanianum*, Orb.; *c*, margas calizas gris-claras con *Harp. algovianum*, Opp.; 3.º Toarcense: margas con *Hildoceras bifrons*, Brug.; *Lioceras complanatum*, Brug., y varias especies de *Litoceras* y *Phylloceras*.

BAJOCIENSE.—En el Cortijo de Girón, calizas blancas con *Sphaeroceras Sauzei*, Orb.; *Celoceras Braikenridgii*, Sow.; más al O., *Celoceras linguiferum*, Orb.

Calizas encerrando algunas veces nódulos silíceos, separan el Bajociense del Jurásico superior: la rareza de los fósiles no permite saber exactamente qué pisos son los existentes.

JURÁSICO SUPERIOR.—Está bien representado en la Peña Rubia, entre Cehegín y Caravaca (provincia de Murcia), en la Sierra Sagra (provincia de Granada) y en la Sierra de Crevillente (provincia de Alicante). En estos yacimientos, que se extienden en línea recta más de 160 kilómetros, las rocas de la base presentan coloraciones vivas, principalmente rojas, análogas á las de las capas de la misma edad, descritas en Cabra por el Sr. Kilian y en las Baleares por el Sr. Nolan.

Los diversos horizontes que en aquellas localidades se han señalado, están bien marcados en Peña Rubia.

1.º Capas fuertemente coloridas, ricas en *Globigerines* y separables en dos niveles: *a*, calizas margosas, de grano grueso, con *Aspidoceras* cf. *altenense*, Orb.; *Asp.* cf. *acanthicum*, Opp.; *Asp.* *Ægir*, Opp.; *Haploceras elimatum*, Opp.; *Phylloceras Silesiacum*, Opp.; *Ph. polyolcum*, Favre; *Ph. Kochi*, Opp.; *Ph.* cf. *serum*, Opp.; *Racophyllites Loryi*, M. Ch.; *Simoceras Catrianum*, Zitt.; *Perisphinctes* cf. *Doublieri*, Orb.; *Per. senex*, Opp.; *b*, calizas margosas de tinte con frecuencia anaranjado, con *Aspidoceras contemporeaneum*, Favre; *A. hypselus*, Opp.; *Peltoceras Fouquei*, Kil.; *P. bimammatum*, Quenst.; *Haploceras* cf. *carachtheis*, Zeuschn.; *H.* cf. *leiosoma*, Opp.; *Phylloceras Silesiacum*, Opp.; *P.* cf. *serum*, Opp.; *Rha-*

cophyllites Loryi, M. Ch.; *Perisphinctes Doublieri*, Orb.; *Oppelia Frotho*, Opp.

2.º Calizas bien compactas, gris-róseas, encerrando *Phylloceras Silesiacum*, Opp.; *Perisphinctes* y *Lytoceras*. En los bancos superiores se encuentra *Pygope* cf. *dilatata*, Catul.

En la Sierra Sagra (Cortijo de Masa) la serie es análoga, con capas rojas en la base, encerrando *Aptychus sparsilamellosus*, Gumbel; *Apt. latus*, Park.; *Perisphinctes*, *Oppelia*, y en lo alto *Aspidoceras Acanthicum*, Opp.

Encima, separadas de las precedentes por una brecha de gruesos elementos, se ven calizas con *Racophyllites Loryi*, M. Ch., y *Perisphinctes*, cubiertas por capas margosas blancas, probablemente *berriacenses*.

En la Sierra de Crevillente se encuentran aún estos dos términos: calizas margosas rojas con *Racophyllites Loryi*, M. Ch.; *Peltoceras Fouquei*, Kil.; *Collyrites* cf. *carinata*, Des Moulins, y calizas blancas con *Perisphinctes* cf. *fraudator*, Zitt., que es preciso referir al *Berriacense*.

BERRIACENSE.—Encima de las calizas rojas ó róseas, á las cuales la Peña Rubia debe su nombre, se encuentran calizas muy margosas, blancas, encerrando una fauna berriacense. En las cercanías de Cehegín (Loma de la Solana), en donde el tramo berriacense está muy completo, se distingue de abajo arriba: 1.º, margas con *Metaporhinus convexus*, Catul.; *Phylloceras ptychoicum*, Quenst., conteniendo también fósiles piritosos mal conservados; 2.º, calizas silíceas con *Hoplites* cf. *arbonensis*, Pict., y *Haploceras tithonium*, Opp.; 3.º, margas con fósiles piritosos, *Pygope diphya*, Col.; 4.º, calizas nodulosas con *Holcostephanus grotæus*, Opp.; *Lytoceras municipale*, Opp.; *Pygope janitor*, Pict.; *P. diphyoides*, Orb.; *Hopl. Euthymi*, Pict. Estas hiladas están cubiertas por capas margosas blancas neocomienses, con *Holcostephanus Astieri*, Orb.

Algunos yacimientos berriacenses poco distantes de Cehegín, encierran, con las especies citadas precedentemente, cerca del río Quipar, *Hoplites occitanicus*, Pict.; *Holcostephanus Negreli*, Math.; y en las cercanías de Caravaca, *Phylloceras ptychoicum*, Quenst.; *Hoplites Carpathicus*, Zitt., y *H. Calisto*, Orb.

CRETÁCEO INFERIOR

NEOCOMIENSE.—El Neocomiense con fósiles piritosos está bien representado en las cercanías de Cehegín. Contiene *Phylloceras diphyllum*, Orb.; *Ph. Tethys*, Orb.; *Haploceras Grasianum*, Orb.; *Holcostephanus Astieri*, Orb.; *Hoplites neocomiensis*, Orb.; *Hopl. Arnoldi*, Piet., y *Hopl. cryptoceras*, Orb.; *Lytoceras Julieti*, Orb.; *Lyt. strangulatum*, Orb.

Este piso está también bien reconocido en la Sierra María (provincia de Almería), en donde se distinguen dos niveles en el Cortijo del Baucal: 1.º, calizas margosas con *Haploceras Grasianum*, Orb.; *Lytoceras Julieti*, Orb.; 2.º, calizas margosas blancas con *Holcostephanus Hispanicus*, Mall.; *H. Astieri*, Orb.

BARRENEMIENSE.—En esta última localidad el Neocomiense está cubierto por calizas margosas blancas con nódulos silíceos, encerrando *Phylloceras Rouyanum*, Orb. Se encuentran igualmente en el Cerro Trompeta (Sierra Sagra) capas margosas grises con *Phyll. Rouyanum*, Orb., y fragmentos que parece han de corresponder al *Desmoceras difficile*, Orb., y algún resto de *Heteroceras*. Estas capas se sobreponen al Neocomiense con fósiles piritosos (*Hopl. cryptoceras*, Orb.; *Phylloceras Tethys*, Orb.; *Lytoceras strangulatum*, Orb.)

CRETÁCEO SUPERIOR

El Cretáceo superior fosilífero parece estar poco desarrollado; pero siempre, en las colinas de caliza blanca gredosa situadas al S. de Caravaca, he encontrado *Radiolites* y *Cardiaster*?

Calizas análogas, pero más gredosas, al O. de Cehegín, encierran fragmentos de un *Equinoide*, perteneciente probablemente al género *Stegaster*.

Los mares jurásicos y cretáceos han circulado, pues, libremente en el Estrecho bético; el aspecto casi constante del Neocomiense (capas de sedimentos arcillosos con *Cephalopodos*) parece excluir la idea de toda costa cercana, y permite atribuir al mar una extensión más grande que aquella que haría desde luego suponer el examen de los mapas geológicos. Las faunas secundarias tienen un carác-

ter puramente alpino que no se encuentra en el Lías de Portugal ni en el Malm de la provincia de Teruel, y esto es confirmación de la hipótesis de Munier-Chalmas acerca de la procedencia de aquellas faunas que transportaron las corrientes durante el periodo secundario.

La posibilidad de una discordancia estratigráfica para las capas del Cenomanense queda por determinar, á pesar de todas las investigaciones hechas sobre este punto. Lo que resulta indudable, es la presencia del Cretáceo superior en el Estrecho bético, que se presenta con aspecto análogo en las provincias de Alicante y de Valencia, en forma de macizos, á menudo dolomíticos, para los pisos más antiguos, mientras que en los más recientes, la rareza relativa de los afloramientos, puede explicarse por el retroceso del mar al fin del periodo cretáceo, y su acantonamiento en el fondo de los sinclinales, particularmente durante la edad Danés, según las observaciones de Munier-Chalmas.

R. Nicklés.

SOBRE LA EXISTENCIA

DE

FENÓMENOS DE COBIJADURA EN LA ZONA SUBBÉTICA ⁽¹⁾

He indicado ya la regularidad con la cual las ondulaciones de la zona subbética, paralelas á la dirección de la cordillera bética, según lo consignan los señores Bertrand y Kilian para Andalucía, se continúan hacia el E.NE. en el NE. de la provincia de Granada y en las provincias de Almería, Murcia, Valencia y Alicante (sierras Seca, Grillemona, Sagra, María, de Periate, de Caravaca, de las Cabras, de Crevillente, Carrasqueta, Aitana, de la Almudaina, Serella, Mariola, Agullent y de Benicadell).

Por todos estos terrenos no solamente prosiguen las ondulaciones dichas de una manera regular, sino que, fuera de algunas excepciones puramente locales, los pliegues, frecuentemente inclinados, lo están siempre hacia el N., y en algunos puntos estos dislocamientos llegan á tomar las proporciones de bancos en pliegues invertidos (Peña Rubia).

Entre las sierras que presentan fenómenos de inversión, conviene citar:

1.º La sierra Mariola, cuya estructura he indicado en 1894 (*Comptes rendus*, 2 Marzo 1896), en la cual las capas, inclinándose al N., desploman hacia el valle de Agres (provincia de Alicante).

2.º La sierra de las Cabras (provincia de Murcia), que presenta una dislocación análoga á la precedente en el Puerto de la Mala Mujer, pues aun cuando no es posible, por falta de fósiles, señalar exactamente los niveles, la marcada uniformidad de los depósitos cretáceos permite reconocer como senonenses las calizas blancas

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 24 Febrero 1902.

compactas, cubiertas por dolomías idénticas á las cenomanenses de la sierra Mariola. Esta inversión se continúa en una gran distancia y siempre con la misma dirección.

3.º Más lejos, al O., dislocaciones más intensas han dado lugar, cerca de Cebegin (provincia de Murcia), á fenómenos de cobijadura. El manchón secundario de Peña Rubia no es realmente sino un resto del jurásico superior y del neocomiense, que cubre parcialmente un manchón neocomiense, que descansa á su vez sobre el triás; esta superposición extraña se manifiesta en diversos puntos de los contornos N. y E. del manchón. Si bien la fuerza del desplazamiento es mayor en esta región, la orientación permanece sensiblemente la misma que en la precedente.

4.º En fin, en el N. de la provincia de Granada la sierra Sagra, constituida por el jurásico inferior, tiene el aspecto de un vasto manchón cobijadero, sobresaliendo por todas partes los terrenos más recientes, separados del jurásico por un cordón intermitente del keuper; pero el hecho requiere aún confirmación, así como la existencia, casi cierta, de grandes ondulaciones al N. en la sierra Magina, en las cercanías de Mancha Real (provincia de Jaén).

La Peña Rubia y la sierra Sagra no son ciertamente los únicos ejemplos de inversión en la zona subbética. He observado con frecuencia en la provincia de Alicante manchones de distintas edades: jurásicos, cretáceos y aun eocenos. Cualquiera que sea su edad, estos manchones descansan uniformemente sobre las margas irisadas fuertemente plegadas (Alfáz, Callosa de Ensarriá). De Verneuil había hecho en 1856 alusión á esta marcada inconstancia del contacto del triás y de los terrenos que soporta (Hellín, Jumilla).

Es probable que la explicación de esta inconstancia, extremadamente frecuente, y diversa aun en distancias pequeñas, entre el triás y los pisos antemiocenos que se sobreponen á éste, deberá buscarse en fenómenos intensos de inversión, dirigidos hacia el N., más bien que en oscilaciones frecuentes del suelo durante los períodos jurásico y cretáceo. Lo que favorece esta manera de ver es, desde luego, la señal manifiesta de acciones mecánicas en los planos de contacto, así como la constancia en la *facies* de la mayor parte de los pisos secundarios y eocenos, los cuales, cuando descansan sobre el triás, tienen la misma naturaleza que cuando se encuentran sobre las capas de su apoyo natural. El aspecto fangoso con Cefalópodos, tanto del jurásico superior como del infracretáceo; las calizas blancas con *Ino-*

ceramus senonianos, se presentan con una uniformidad notable en la zona en que han tenido lugar estas inversiones y cobijaduras, pues si en algunos puntos los fósiles se presentan escasos ó parece faltan, la identidad litológica aleja toda duda.

La dificultad de interpretar la estratigrafía de los manchones del S. de la provincia de Alicante, se explica por el hecho de que la superposición anormal ha sido allí producida desde un sitio más lejano que en las provincias de Murcia y Granada, lo cual impide, muy frecuentemente, seguir la disposición de los pliegues.

Estos fenómenos presentan en los detalles grandes analogías con los de las regiones clásicas de grandes cobijaduras de buzamiento N., tales como la Provenza y la vertiente meridional de la Montaña Negra.

RENÉ NICKLÉS.

EL PAÍS VASCO

EN LAS

EDADES GEOLÓGICAS

El trabajo que se inserta á continuación forma parte de una conferencia que di en el salón de actos del Instituto de San Sebastián el día 15 de Septiembre de 1904, con ocasión de las fiestas de la Tradición del Pueblo Vasco. Varios oradores trataron entonces de diversos asuntos referentes á la región vascongada, y yo fui el encargado de explicar la constitución geológica del país y las fases por que ha debido pasar durante las sucesivas edades de la tierra. Dirigiéndome á un auditorio ajeno en su mayor parte á este género de estudios, hube de dedicar la primera parte de mi discurso á exponer algunas nociones elementales de las ciencias geológicas y á dar á conocer en breve síntesis las deducciones más modernas respecto á la formación de las montañas que en diferentes períodos geológicos han venido á renovar el relieve del suelo, sometido constantemente á los agentes externos que tienden á nivelarlo. Dada la índole de esta publicación, no es oportuna la reproducción de aquella primera parte, y sólo se inserta la segunda, que viene á ser un resumen y compendio de la geología vascongada.

El país vasco es parte integrante de uno de los geosinclinales que durante largos períodos geológicos conservó su movilidad característica. En el fondo del geosinclinal destinado á ser un día la cordillera pirenaica se fueron apilando sedimentos desde las primeras edades, sin que las grandes sacudidas que dieron lugar á las cordilleras huronianas y caledonianas repercutieran notablemente en nuestra región. Pero desde los tiempos silurianos se inicia la división del geosinclinal pirenaico, formándose hacia su eje algunos encorvamien-

los que hoy aparecen señalados por macizos graníticos. Notemos de paso que el granito suele considerarse como roca de origen interno, que se ha consolidado sin salir á la superficie, y que no se ha abierto paso dislocando las rocas laterales, sino más bien corroyéndolas á la manera de un ácido. Ocupa generalmente los ejes de los pliegues convexos ó anticlinales, donde se consolidó bajo presión muy considerable; y si hoy se halla en la superficie, es porque han sido derruidas las capas que lo cubrieron.

En la parte oriental de la cordillera pirenaica asoman varios macizos graníticos dispuestos paralelamente; desde el Meridiano de Luz ya no se ve más que uno, que á su vez desaparece hacia Occidente, cerca de Aguas Buenas, sin penetrar en el país vasco. Sigue buen trecho de la cordillera sin afloramientos graníticos, y luego reaparecen dos en territorio vascongado: el de la Peña de Aya ó Trois Couronnes, en los confines de Guipúzcoa, Navarra y Labort, y el de los Montes de Oursouia, entre Labort y la Baja Navarra. Su situación corresponde también á las primeras ondulaciones convexas en el geosinclinal, pero con dirección distinta de la predominante en las demás regiones del Pirineo. Estos núcleos granítico-silurianos adquirieron con el tiempo cierta rigidez y ejercieron gran influjo en la disposición que más tarde habían de tomar los estratos en esta zona de la cordillera.

Durante los largos períodos precambriano y siluriano no hubo tierras emergidas en nuestro país, totalmente cubierto por un mar de bastante profundidad. Es probable que en el precambriano no hubiera sedimentación de materiales detríticos en el fondo de este mar, por hallarse muy distantes costas de aquella remota época; pero durante el siluriano se formaron sedimentos, en su mayor parte legamosos, que sumaron gran espesor y que hoy aparecen convertidos en pizarras por efecto de los fenómenos á que ulteriormente estuvieron sometidos. La mayor parte de la mancha que en el Mapa se señala como terreno primario, rodeando los indicados macizos graníticos, corresponde al período siluriano; pero comprende también la sedimentación cambriana, es decir, la época en que comenzó la vida en el seno de los mares. Siendo muy difícil y no estando aún bien determinado el deslinde de los diversos períodos paleozóicos en esta zona, he preferido englobarlos bajo la denominación común de primarios, antes que trazar límites que habrían de tener mucho de convencionales.

No hay en nuestra región discordancia entre los estratos silurianos y devonianos, porque los movimientos que levantaron la cordillera *caledoniana* al fin del siluriano, no afectaron á las capas depositadas en nuestro geosinclinal. Pero la frecuencia mayor con que entre los sedimentos devonianos aparecen los depósitos calizos, formados en gran parte por Coralarios, indican menor profundidad en el mar.

Un régimen análogo siguió reinando en nuestra región durante las primeras etapas del período llamado carbonífero; pero luego tienen lugar los movimientos *hercinianos* que duran hasta el final de la era primaria, produciendo la emersión de la mayor parte de Europa. Al mismo tiempo, con clima cálido, húmedo y uniforme en todo el globo, se desarrolla una exuberante vegetación terrestre, cuyos restos, depositados en los estuarios y deltas de los ríos de aquellos continentes, ó anegándose los vegetales en los mismos sitios en que vivían, han llegado á constituir las mejores capas de combustible mineral que hoy utiliza la industria.

Los grandes movimientos que levantaron las cordilleras hercinianas apenas trastornaron los estratos en nuestra comarca; pero en ella se dejó sentir la acción de próximas tierras emergidas, como lo demuestran los sedimentos de carácter costero, más abundantes en este período que en los anteriores, y aun hubo de verificarse en esta parte del geosinclinal pirenaico un movimiento de ascenso que produjera algunos islotes en aquel mar, á la sazón poco profundo. Se han podido señalar dentro de la mancha primaria algunas fajitas carboníferas, bien caracterizadas por sus fósiles, y se han hallado también varias capas de hulla, inexplotables por su reducido espesor, entre otros parajes, en el monte Larhun, inmediato á San Juan de Luz, y en el puerto de Echalar (Navarra). Tal escasez de hulla en la formación carbonífera nos indica que tal vez en nuestra región no pudieron depositarse grandes cantidades de restos vegetales, porque las tierras en que aquéllos vivieron eran de poca extensión.

Al final del período carbonífero debemos, pues, figurarnos á nuestro país ocupado por un mar en el que sobresalían con poca elevación algunas islas hacia los lugares en que hoy vemos asomar los macizos graníticos; ese mar estaba limitado al NE. y al SO. por regiones montañosas recién emergidas, y probablemente de gran altitud, siendo la del NE. el macizo central de Francia, y la del SO. la meseta ibérica.

En el período permiano, que es una transición entre las eras

primaria y secundaria, continuó el movimiento de elevación del suelo. Es dudosa la existencia de sedimentos de este período en nuestro país. Los geólogos franceses han señalado como permianas algunas capas en el monte Larhun; pero en España, no sólo en esta región, sino en toda la Península, no se ha encontrado hasta ahora ninguna especie permiana, lo que induce á creer que se hallaba emergida en este período.

Termina, pues, la era primaria con un movimiento de elevación que apenas alteró en esta zona la horizontalidad de los estratos más próximos á la superficie, y comienza la era secundaria con un período de destrucción de las tierras recién emergidas.

Los sedimentos del período triásico, primero de la era secundaria, son en nuestro país eminentemente clásticos, predominando los conglomerados de grandes cantos de cuarzo y las areniscas de grano grueso, trabadas con un cemento ferruginoso que les da coloración rojiza. Todo nos indica que estas capas se formaron cerca de las costas, en ensenadas, en freos, en lagunas, en estuarios y aun en zonas mixtas de aguas dulces y saladas.

Una circunstancia es digna de notarse en los sedimentos triásicos. Entre los cantos que forman sus conglomerados se ven algunos fragmentos de pizarras y otras rocas de la era primaria, pero ninguno de granito, lo que induce á pensar que si en el período triásico existía ya fuera del mar una parte de la mancha primaria, señalada en nuestro Mapa, el granito protegido por las capas silurianas, bajo las cuales se consolidó, no llegó á aflorar hasta que estuvo más avanzada la obra de la corrosión.

En el Mapa está representada la superficie ocupada por la formación triásica, y se puede observar cómo, á pesar de las irregularidades y soluciones de continuidad producidas por los pliegues, fallas y derrubios, en conjunto, se dispone alrededor del núcleo granítico primario, que, según iremos viendo, ha ejercido una influencia directa para los sucesivos estratos y los pliegues que los trastornaron.

Algunos depósitos calizos indican que al final del período triásico comenzó un nuevo ciclo de descenso del suelo que aún no había perdido la movilidad propia de los geosinclinales.

Este movimiento se acentuó en los siguientes períodos de la era secundaria, no obstante algunas fluctuaciones en sentido inverso; de modo que en esos períodos el mar invadió nuestra región, y una sedimentación de carácter francamente marino sucedió al régimen se-

micontinental del período triásico. Aquel mar experimentó varias fluctuaciones: en las fases de regresión marina se aproximaban las costas del macizo central de Francia y de la meseta ibérica, y se agrandaban las islas intermedias; lo contrario acontecía en las fases de inundación.

El período jurásico corresponde, por lo que atañe á nuestro país, á una fase de inundación marina. Los sedimentos que aquí se formaron en aquel período son calizos ó calizo-arcillosos, indicando un mar de profundidad media, y la ausencia de rocas clásticas denota alejamiento de costas.

Las capas jurásicas, que quedaron cubiertas por las infracretáceas, siguientes á ellas en edad, asoman hoy gracias á los levantamientos ulteriores, tan sólo en extensión muy reducida, y se ve cómo se agrupan alrededor de las formaciones triásicas, que á su vez rodearon el núcleo granítico-primario. Donde con más amplitud aparecen los afloramientos jurásicos, es en las cercanías de Tolosa, para ocultarse luego más allá de Villafranca bajo las capas infracretáceas. En algunos otros parajes se ven también asomar las rocas jurásicas. En Montoria, cerca de Peñacerrada (Alava), una especie de ojal ó ventana abierta en las capas cretáceas é infracretáceas permite ver debajo de éstas á las jurásicas. El mar jurásico cubría, pues, todo el país vasco, excepción hecha de una parte de ese núcleo granítico-primario, que formaba un islote, contribuyendo con otros, situados más á E., á bosquejar la futura cordillera.

Los sedimentos correspondientes á los períodos infracretáceo y cretáceo suman en nuestro país un espesor extraordinario, lo cual constituye uno de sus rasgos más característicos. Los infracretáceos son de dos clases: los unos, de carácter detritico, han originado rocas sabulosas y pizarreñas; los otros son calizos y debidos á la intervención de organismos marinos, principalmente Coralarios. Estas rocas calizas se han formado de un modo semejante á los actuales arrecifes de corales de la zona tropical. Sabido es que los pólipos coralarios que edifican estos arrecifes no pueden vivir sino á escasa profundidad, á lo sumo á unos 30 ó 40 metros de la superficie y cerca de las costas, entre agitadas olas. Vemos, no obstante, que las calizas infracretáceas presentan en algunas de nuestras montañas un espesor muy grande, que puede medirse por centenares de metros. Tal espesor en rocas de origen coralino no puede explicarse sino admitiendo que el fondo del mar descendía lentamente, de modo que los pó-

lipos fueran edificando banco sobre banco, manteniéndose la vida en los bancos superiores, en tanto que en la base morían aquellos organismos, dejando en su lugar el edificio calizo inerte. Así se formaron en el período infracretáceo las enormes masas calizas que hoy contemplamos en las montañas de Aralar, Aitzgorri, Hernio, Udala, Amboto y tantas otras.

El período propiamente llamado cretáceo comienza con un aumento del dominio del mar en casi toda Europa. En nuestro geosinclinal sigue el movimiento de descenso, y los arrecifes coralinos se cubren de sedimentos, ya areniscos, ya margosos, según su situación relativamente á las costas y según la variable energía de los agentes derrubidores. Durante los diversos períodos en que se divide el cretáceo, particularmente en los denominados cenomanense y senouense, es cuando mayor espesor de sedimentos se acumuló en nuestra región. Las capas formadas en este período ocupan hoy la mayor parte de las provincias de Guipúzcoa, Vizcaya y Alava. En Vitoria, donde apenas han perdido su horizontalidad primitiva, el sondeo efectuado en busca de aguas artesianas atravesó más de 1000 metros en rocas del cretáceo superior, y todavía á las que forman el suelo de la ciudad alavesa se sobreponen otras del mismo período, que representan un espesor considerable.

En Guipúzcoa y Vizcaya termina el cretáceo con una formación de carácter litoral ó costero. A este episodio, que quizás llegó á los albores de la era terciaria, corresponden las areniscas de los inmediatos montes Jaizquibel, Uliá y Urgull. Más al S., en gran parte de Alava, persistieron durante más tiempo los sedimentos margosos; y en la zona que hoy ocupa la sierra de Codes, Peñacerrada y Toloño, se formaron depósitos calizos, en gran parte formados por foraminíferos que vivían en mares de bastante profundidad. Todo nos induce á pensar que hacia el fin de la era secundaria el mar cubría la parte meridional de nuestra región, en tanto que en la septentrional existían tierras emergidas de escasa elevación, que se habían ido soldando al núcleo primario.

Por eso, en las primeras etapas de la era terciaria, el mar que ponía en comunicación el Mediterráneo y el Atlántico, y en el cual sólo sobresalían antes algunas islas, queda dividido en dos partes: la más septentrional forma un brazo por el que siguen comunicando libremente ambos mares, en tanto que la del S. termina á manera de golfo hacia el extremo occidental de Alava.

En el fondo del Mediterráneo, que entonces tenía una extensión cuatro á cinco veces mayor que la actual, y en los mares que con él comunicaban, se formaron grandes depósitos, en su mayor parte calizos, en que abundan extraordinariamente los foraminíferos, designados con el nombre de *Numulitos* por su forma discoide, semejante á la de una moneda; de estos fósiles ha venido el nombre de *numulítico* con que se denomina al terreno así formado en el período eoceno inferior. En el Mapa se puede ver representada la situación que hoy tienen los restos de rocas numulíticas, tanto de las que se formaron en el golfo navarro-alavés como al otro lado; y digo los restos, porque el espacio que ocupan no puede darnos clara idea del que cubrían aquellas partes del mar numulítico, que sin duda se extendía mucho más, habiendo los derrubios hecho desaparecer gran parte de los sedimentos.

Las rocas numulíticas, que suman espesor muy grande en la vertiente meridional de los Pirineos orientales y centrales, son por orden ascendente: calizas, margas azuladas y margas arenosas de diversos colores. En Navarra están representados estos tres horizontes; pero su espesor decrece gradualmente hacia el O., y ya en las sierras de Andía y Urbasa no quedan sino las calizas coronando las últimas hiladas del cretáceo. En Alava es muy reducido el espesor de las calizas numulíticas en la prolongación de la sierra de Urbasa y en la vertiente S. de los montes de Vitoria, confín del condado de Treviño; faltan por completo en las cercanías de Pobes, donde las rocas del eoceno superior se sobreponen directamente á las del cretáceo, y reaparecen en Valdegobia, penetrando muy poco en la provincia de Burgos. Del otro lado se ven en Biarritz, y á orillas del Adour y sus afluentes, varias manchas de rocas numulíticas, aisladas por los derrubios.

Fijémonos un instante en las condiciones que debía reunir nuestro país en aquel período antes de que lleguen las grandes transformaciones que va á experimentar en los que inmediatamente le siguen. Bañábase por el N. el brazo de mar á que últimamente aludiamos, el cual cubría buena parte de las actuales cuencas del Nive y del Adour. Los sitios que ocupan Bayona, Biarritz y Bidart continuaban bajo las aguas; al S. se extendía el golfo que, penetrando por Cataluña y Aragón, ocupaba la mayor parte de Navarra y se prolongaba por el centro de Alava. En medio tierras bajas, adheridas al núcleo primario algo más prominente. Clima cálido, atmósfera que derramaba el agua con intermitencias prolongadas, produciendo dos estaciones, muy

seca la una y más húmeda la otra. Así parecen atestiguarlo los vegetales fósiles, por el aminoramiento de las formas, por su consistencia coriácea, por su disposición frecuentemente espinosa, revelando un carácter que se ha calificado de africano; y es que el cálido Mediterráneo, cuyos límites meridionales se acercaban entonces al trópico, influía sobre todas sus costas, á ejemplo de lo que hoy sucede en las tierras bañadas por ese mismo mar más reducido, y en las que rodean al golfo de Méjico. Había comenzado el desarrollo de los mamíferos, conocidos desde las edades secundarias, y entre bosques de palmeras y cocoteros habitaban paquidermos algo semejantes á los tapires de la época actual.

Al finalizar el período eoceno se inician los grandes movimientos que hacen surgir la cordillera pirenaica. Las capas, durante tanto tiempo apiladas en el geosinclinal por la acción de su propio peso, y comprimidas lateralmente por masas rígidas, se habían ido plegando para adaptarse al núcleo contraído; pero llega el momento en que la persistencia de aquellas causas les obliga á tomar una nueva posición de equilibrio, y se levantan en masa, no sin que á este levantamiento corresponda el hundimiento en otras partes.

El levantamiento ocurrido al fin del eoceno modificó radicalmente las condiciones de nuestra región, que en su mayor parte quedó definitivamente emergida y á considerable altitud. Las capas numulíticas, que eran las más superficiales y cubrían gran parte de la zona meridional, fueron las que quedaron más elevadas, pero sin desviarse notablemente de su posición horizontal. El mar Mediterráneo reculó hacia sus actuales límites, y al mismo tiempo se produjo un gran hundimiento en el borde NE. de la meseta ibérica, originando la cuenca del Ebro, que fué ocupada por un gran lago de agua dulce.

La Rioja y la ribera de Navarra, más una faja al N. de ésta que se extiende hasta rebasar la sierra del Perdón, forman parte del fondo de este lago. Otro de dimensiones más reducidas ocupó el condado de Treviño, Miranda y Valdegobia, y todavía, fuera ya de los límites de nuestro Mapa, se estableció otro lago más pequeño en las tierras hoy de Villarcayo y Medina de Pomar. Por la parte N. el Mediterráneo dejó de comunicar con el Atlántico; pero éste penetraba en forma de golfo, y cubría todo el territorio de las Landas y gran parte de la región aquitánica. Bayona, Peyrorade y Orthez marcan aproximadamente en la región vasca la línea costera de este golfo, exageración del de Gascuña.

En las tierras recién elevadas, los derrubios trabajan con gran energía, y dan origen á un depósito especial y característico de esta época llamado *Pudinga de Pallasou*, del nombre del geólogo que primeramente la describió, y también *conglomerado supranumulítico*: consiste en bancos compuestos de grandes cantos rodados, en su mayor parte de caliza numulítica, que forman una especie de hormigón natural. Estos depósitos constituyen un cordón exterior á los Pirineos, y representan una formación litoral. Según la situación que ocupaban al formarse, son de origen submarino ó sublacustre, y los últimos aparecen claramente en nuestra región circunscribiendo el lago que ocupó Treviño, Miranda y Valdegobia, donde sirvieron de base á los sedimentos del período siguiente á oligoceno. Se ven también asomar, aunque no de una manera tan continua, porque se ocultan bajo capas más modernas, en la orilla septentrional del lago que ocupó la depresión del Ebro.

En el período oligoceno subsisten estos lagos; continúa el trabajo de corrosión, con menos energía; ya no se forman aquellos bancos de grandes cantos rodados; la sedimentación es más tranquila, y los lagos van colmándose lentamente á expensas de las tierras que les rodean. La retirada del Mediterráneo y la extensión de los mares del N. hacia el centro de Europa traen un cambio en el clima, que se hace menos cálido y más húmedo.

No es una particularidad de nuestro país la existencia de lagos en aquella época: abundaban en otras comarcas de Europa. A la flora de carácter africano, propio del período anterior, suceden formas vegetales de gran porte, en que tienen ya notable representación los árboles de hoja caduca. Continúa el desarrollo de los mamíferos, sobre todo de los paquidermos, representados, entre otros, por los géneros *Paleoterio* y *Antracoterio*, semejantes á los tapires é hipopótamos actuales.

Al final del período oligoceno ocurre el último y más importante levantamiento de la cordillera pirenaica, movimiento que inclinó fuertemente las capas numulíticas, supra-numulíticas y los estratos lacustres á éstas sobrepuestos. Por efecto de este movimiento acabó de vaciarse el lago, en parte colmado, de Treviño y Valdegobia; pero subsistió el gran lago de la depresión del Ebro durante todo el período siguiente ó mioceno, circunscripto en la parte N. de la ribera de Navarra. El golfo de Gascuña, aunque más reducido, sigue bañando por el N. los contornos del país labortano y de la baja

Navarra, y todo el país presentaba altitudes sin duda mucho mayores que las actuales, pues desde aquel período no han cesado en su labor los agentes externos que tienden á nivelarlo.

Entre las ideas de la geología más elemental se admite que todo movimiento orogénico ha ido acompañado y seguido de una recrudescencia en los fenómenos eruptivos, pues al desgarrar los estratos ha facilitado la salida de los materiales internos, impelidos por la presión que sobre ellos ejercen las grandes masas de terrenos al adoptar su nueva posición de equilibrio. Con estas ideas puede aceptarse que en nuestra región surgieron en abundancia durante la era terciaria las rocas eruptivas designadas con el nombre de *ofitas*, llegando unas á la superficie y quedando otras ocultas bajo capas sedimentarias, hasta que los derrubios las pusieron á descubierto. En el Mapa se ven representados los afloramientos de esas rocas, la mayor parte muy reducidos; otros relativamente grandes, como las manchas de Plasencia y Guernica. Es la *ofita* la roca eruptiva más abundante en nuestro país, pero no la única: la colina de Axpe, en la margen derecha de la ría de Bilbao, está formada por otra roca denominada *traquita*, correspondiente también á las erupciones terciarias.

Durante el período mioceno, en que, como queda dicho, toda nuestra región estuvo emergida, excepción hecha de la Rioja y la ribera de Navarra, reinó un clima húmedo y templado con inviernos sumamente suaves, permitiendo el desarrollo de una vegetación cuya exuberancia nunca ha sido superada. La reunión de especies vegetales que entonces prosperaban en estas comarcas, exigía una temperatura media que hoy no se halla sino en latitudes inferiores en 20 ó 50 grados. Llegó también á su término el desarrollo de los mamíferos, apareciendo el grupo de los Elefantes, representado por Mastodontes y Dinoterios; los Rinocerontes; los Hiparion, próximos ya á nuestros caballos, y empezaron á adquirir preponderancia los rumiantes, pues manadas numerosas de Antílopes y Gacelas pacían las gramíneas de aquella época.

En la topografía de nuestro país, los agentes externos comienzan á esculpir sus actuales formas, y empieza á dibujarse su sistema hidrográfico. Una gran parte de su desagüe afluye al gran lago del Ebro, llevando materiales que se sedimentan en su fondo y tienden á colmar lentamente la cuenca. Para apreciar la importancia de esta sedimentación y el desgaste que supone en los terrenos comarcanos,

basta considerar que el espesor de las capas miocenas lacustres, visibles en la Rioja alavesa, se eleva á algunos cientos de metros.

Al final del período mioceno, entre éste y el plioceno, que es el postrero de la era terciaria, tuvo lugar el último y gran movimiento alpino, que modificó profundamente la geografía de Europa y aun la de todo el mundo. Sin embargo, en nuestro país, lo mismo que en toda la cordillera pirenaica, apenas se notan las huellas de ese movimiento, pues los estratos miocenos se hallan muy poco trastornados y en general con marcada discordancia con los de las edades anteriores. Y eso que en la Península ibérica ocurrieron también cambios muy notables, como fué, entre otros, la incomunicación del Atlántico y el Mediterráneo, al S. de la meseta castellana. Estos dos mares, que comunicaban antes ampliamente por la región andaluza, quedaron separados al fin del período mioceno por el levantamiento de la cordillera Bética y la del Atlas, entre las cuales se abrió más tarde el Estrecho de Gibraltar. Al mismo tiempo que ocurrían estos cambios, se secaron los grandes lagos que cubrían vastas extensiones sobre la meseta central, y con ellos el lago de la cuenca del Ebro, dejando descubiertas la Rioja y la ribera de Navarra.

Varias son las hipótesis á que se ha recurrido para explicar la desecación de los lagos miocenos españoles, fundadas en causas que no se excluyen mutuamente. Así el último movimiento alpino, pudo, sin perturbar notablemente la horizontalidad de los estratos miocenos, repercutir en la rígida meseta ibérica, elevándola desigualmente y facilitando el desagüe, al propio tiempo que una modificación en el clima, con disminución consiguiente en los meteoros acuosos, y, también, la diferente repartición de tierras, contribuían al resultado. Muchos geólogos opinan que, para mantenerse el régimen lacustre en la meseta ibérica durante el período mioceno, las tierras que desagaban en sus lagos hubieron de ser más extensas hacia Occidente, es decir, que debían ligarse con una región continental, hundida después en las aguas del Atlántico, y esto es de tomarse tan en cuenta, cuanto que los modernos estudios geológicos han venido á dar como muy probable la realidad de aquel misterioso continente, de cuya existencia recogió Platón vagas tradiciones, que andando los tiempos fueron inspiradoras del poema *La Atlántida*, del gran poeta catalán Mosén Jacinto Verdaguer.

Como quiera que sea, en el período plioceno nuestra tierra está ya completamente emergida. Los cambios en la repartición de mares y

continentes hacen el clima menos cálido, y continúan su labor los agentes derrubiadores.

El principio de la era cuaternaria se caracteriza bien por un cambio en el clima que, imprimiendo en toda la zona templada una actividad extraordinaria á los agentes atmosféricos, permite manifestarse á éstos de una manera grandiosa con fenómenos de arrastre y acarreo. Espeso manto de nieve cubre todo el N. de Europa y los macizos montañosos del centro, desde donde los hielos descienden á los valles. En nuestras montañas, efecto, sin duda, de su poca altitud, no tuvo gran intensidad el fenómeno; pero, sin embargo, en la vertiente N. del Pirineo, en los valles de Argelez, de Laruns y de Aspe-Olorón, que si no pueden considerarse dentro del país vasco están bien próximos, han quedado huellas de importantes heleros. Algunas se notan también hacia Santa Engracia, en el límite mismo de la región figurada en nuestro Mapa; pero no se han indicado con seguridad más al O. En la vertiente S. es dudoso que existieran verdaderos heleros. Lo que si abundan en una y otra vertiente son los depósitos aluviales, cuyas masas más notables se han representado en el Mapa.

La extensión de los campos de hielo experimentó algunas variaciones durante los tiempos pleistocenos, y en las formaciones del primer periodo interglaciar, es donde se han descubierto restos indubitables del hombre y de su industria. Fueron aquellos hombres contemporáneos de grandes mamíferos extinguidos, como el *Elephas antiquus*, *Hipopotamus major* y otros. A estos animales reemplazaron en el periodo de la última gran extensión de los hielos otros, como el Mammoth ó *Elephas primigenius*, especie de elefante, mejor organizada que las vivientes para resistir una temperatura menos clemente que la de nuestros días. En el periodo en que los hielos retrocedieron definitivamente, reinó en Europa un clima frío y seco, como lo demuestran su fauna y su flora. Es la época llamada del *Reno*, especie hoy confinada en las regiones más septentrionales. Después el clima se suaviza, haciéndose menos frío y más húmedo, y así llega á establecerse el régimen bajo el cual vivimos.

De las teorías que se han propuesto para explicar esas grandes invasiones de los hielos, y las sucesivas modificaciones del clima en los tiempos cuaternarios, parecen las más plausibles las que señalan como causa las variaciones de la distribución de mares y continentes en el Atlántico septentrional, y el establecimiento de la corriente

del Golfo ha de haber sido una de las causas principales para que después de los frios de la edad del *Reno* exista en nuestras regiones una temperatura muy benigna.

Me faltan datos y tiempo para tratar de las edades prehistóricas en nuestro país; pero no debe pasarse en silencio la presencia del hombre en la edad del *Reno*, demostrada por las investigaciones hechas en las cavernas próximas á Olorón y á Sara, y en la más cercana de Landarbaso.

Llegamos á los confines de la geología y de la historia; y para no traspasarlos, ya que el objeto de esta conferencia es dar idea de la evolución que ha sufrido nuestro suelo, dedicaremos la última parte de ella á breves indicaciones sobre la estructura que en nuestro país han impreso todos los fenómenos de que someramente hemos hablado, y singularmente los grandes derrubios que ha venido experimentando desde el promedio de la era terciaria.

Cuando los movimientos orogénicos de la era terciaria comunicaron á la región pirenaica su máxima elevación, los agentes externos, trabajando activamente, comenzaron á acusar las formas topográficas, que venían ya virtualmente preparadas por los pliegues y por las diferencias de dureza y cohesión de los estratos levantados. Como el resultado de los derrubios es muy variable, según la mayor ó menor resistencia de las rocas, claro es que la distribución de las partes resistentes y blandas, distribución que á su vez depende de la dirección y marcha de los pliegues de las capas, habrá ejercido influencia marcada en las formas que había de ir tomando el terreno.

Los pliegues de las capas en la cordillera pirenaica siguen en general la dirección de E.SE. á O.NO.; pero esta regla sufre excepción en los contornos del macizo primario-granítico de Aya y Ursonia, á que tantas veces he aludido. Todo parece indicar que este macizo se ha constituido y consolidado desde los tiempos primarios, y que contra su mole resistente, que ha servido como directriz, han venido á chocar los pliegues de los sucesivos estratos. Por eso la cordillera pirenaica termina de manera muy distinta en el Mediterráneo y en el golfo de Gascuña. Allí el mar corta bruscamente las capas en sentido perpendicular á su dirección. Aquí la dirección de los estratos, sufriendo las inflexiones necesarias para rodear el indicado macizo, llega á coincidir con la de la costa.

La influencia del antiguo macizo dura hasta cierta distancia por Occidente; pero luego los pliegues recobran su rumbo normal hacia

el NO., y por eso la línea de la costa, que refleja con fidelidad la marcha de los pliegues, forma un arco cóncavo hacia el Océano, en cuyo fondo se encuentra á poca distancia un foso de considerable profundidad, dispuesto á su vez paralelamente á dicha línea.

No todos los geógrafos están acordes sobre cuál sea el extremo occidental de la cordillera pirenaica; pero no hay duda de que geológicamente los Pirineos terminan en el grupo montañoso conocido con el nombre de Picos de Europa, en los confines de las provincias de Santander, Palencia y Asturias, que es donde tiene lugar el encuentro de los pliegues pirenaicos con los hercinianos. Este choque y compenetración de pliegues de distintas edades, ha producido allí gran complicación estratigráfica y una elevación de terreno superior á la que reina en el país vascongado y en la parte oriental de la montaña de Santander. Nuestro país entra, pues, de lleno en la zona de los pliegues pirenaicos que, pasada la comarca influida por el macizo de Aya-Ursouia, se dirigen de E.S.E. á O.NO., distribuyendo las diferentes rocas en fajas paralelas á este rumbo. Los derrubios han ahondado más en las rocas menos resistentes, dejando resaltar entre ellas las de mayor cohesión ó dureza, como las calizas y las areniscas, y así se han ido formando depresiones y prominencias, cuyas mayores longitudes coinciden generalmente con la dirección de los estratos. Por otra parte, el declive rápido de las cumbres de la cordillera hasta el mar hace que las corrientes de agua vayan abriendo surcos en sentido normal á la costa, y, por tanto, á la dirección de los pliegues, y así se han originado los valles que recortan las montañas.

Una nueva rama de las ciencias geológicas, que se ha designado con el nombre de *Geomorfogenia*, estudia las íntimas relaciones que hay entre la estructura geológica y la topografía é hidrografía de un país. Aplicando al nuestro los principios de esa ciencia, analizando la naturaleza y disposición de las rocas que lo constituyen, hallaríamos la razón de ser de toda la variedad topográfica que tanto atractivo le presta; pero la tarea sería demasiado larga, y he de limitarme á indicar nada más que algunos de los rasgos más notables.

La gran mancha infracretácea, que desde Guipúzcoa atraviesa toda Vizcaya de SE. á NO., penetrando en la provincia de Santander, corresponde á un gran pliegue anticlinal. En su enlace con la zona influida por el macizo primario, donde domina otra dirección, se han producido roturas ó fallas por donde asoman las rocas hipogénicas. Ese gran pliegue divide al país en dos partes muy distintas

desde el punto de vista estratigráfico. Por el lado del N. se repiten los pliegues sinclinales y anticlinales, á veces muy agudos, y abundan los afloramientos de ofita. Al otro lado los estratos están menos trastornados y son escasos los asomos de rocas eruptivas; lo que predomina es un buzamiento de las capas hacia el S., de modo que, marchando en ese rumbo, van encontrándose capas cada vez más modernas, hasta llegar á la cuenca lacustre oligocena, que forma un sinclinal, apareciendo después nuevamente las rocas cretáceas muy plegadas al borde de la cuenca miocena del Ebro, con estratos apenas alterados en su posición. Hay una zona, la llanada de Alava, cuyo centro ocupa Vitoria, en que las capas cretáceas, inclinadas por todos los alrededores, se encuentran allí casi horizontales. Aquella zona corresponde próximamente al centro de toda la región en que las formaciones cretácea é infracretácea presentan espesor extraordinario, y en que la cordillera pirenaica alcanza menor elevación. Diríase que el esfuerzo orogénico que la levantó encontró allí mayores resistencias que vencer á causa del gran espesor de los depósitos, y por eso no asoman las formaciones inferiores cual sucede en las partes más elevadas de la cordillera.

La diversidad en la disposición y naturaleza de los estratos, han hecho que los derrubios hayan dado al terreno formas especiales para cada caso. Uno de los resultados más notables es el que se llama *inversión del relieve*, de que hay ejemplos en algunos de nuestros valles. Se citará el de Arratia en Vizcaya. El fondo de este valle corresponde al eje del gran pliegue anticlinal de que hace poco he hablado: en las dos laderas las capas buzan en sentido opuesto, faltando la parte superior ó clave de la gran bóveda que ha desaparecido; en el fondo, y en la parte inferior de las laderas, afloran rocas pizarreñas deleznales del infracretáceo, y á ellas se sobreponen calizas compactas muy resistentes. Al verificarse la inflexión, estas calizas hubieron de sufrir un estiramiento en la clave, lo cual ocasionó un resquebrajamiento que las hizo atacables por los agentes externos ó produjo su hundimiento. Una vez descubiertas las rocas deleznales, inferiores á esa clave, la corrosión fué excavándolas más rápidamente que á las calizas, y hoy resulta la parte más deprimida la que primitivamente fué la más elevada (fig. 1).

De un modo análogo se ha originado la depresión que existe de Hernani á Andoain, entre las calizas de Santa Bárbara y Burunza, por un lado, y las de Fagollaga, por el otro.

En la Burunda de Navarra hay un ejemplo de los efectos que los derrubios producen en rocas de desigual resistencia. Allí, entre las calizas compactas infracretáceas de la sierra de Aralar, y las calizas cretáceas y numulíticas del monte San Donato, se interpone una serie de margas más deleznable que ha sido considerablemente excavada.

En el extremo NO. de Alava y en las encartaciones de Vizcaya, la persistencia del buzamiento de las capas hacia el S., es decir, en



Fig. 1.

sentido inverso á la pendiente general del terreno, ha hecho que en éste hayan producido los agentes exteriores una disposición, muy característica, en gradas ó valles escalonados. Allí las pendientes que miran al N. son muy escarpadas, en tanto que las opuestas, coincidiendo en parte con la inclinación de los estratos más resistentes, son mucho más tendidas. Tras de la sierra de Ordunte, que domina todas las encartaciones, viene el valle de Mena, dominado al S. por otro cordón, detrás del cual queda el valle de Losa (fig. 2).

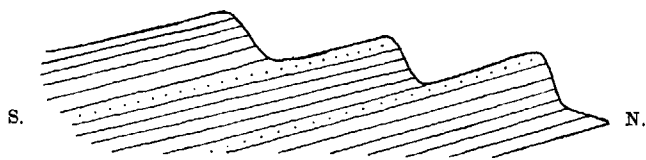


Fig. 2.

Se ve por estos sucintos ejemplos que la geología explica las formas topográficas de cada región, y del mismo modo nos da la razón de ser del curso de los ríos. Cada río tiene su historia, y el estudio de su cuenca revela las fases por que ha pasado hasta adquirir su estado actual. Uno de los fenómenos más interesantes en este orden de cosas es el de los ríos que van agrandando su cuenca,

capturando los afluentes de otros ríos. Imaginemos que una región recién elevada por un movimiento orogénico presenta su declive hacia el mar, y representémosla esquemáticamente en corte y perspectiva, como indica la adjunta figura (3). Desde luego, aprovechando las más ligeras desigualdades originales, se establecen varias corrientes de agua según la máxima pendiente del terreno. Son los ríos llamados *consecuentes*: A, B. Si entre los estratos que componen el terreno hay algunos, R, R', más resistentes que los otros, formarán salientes por efecto de su menor desgaste, y se establecerán, á cada lado de cada corriente, afluentes que van socavando las partes blandas. Son los ríos

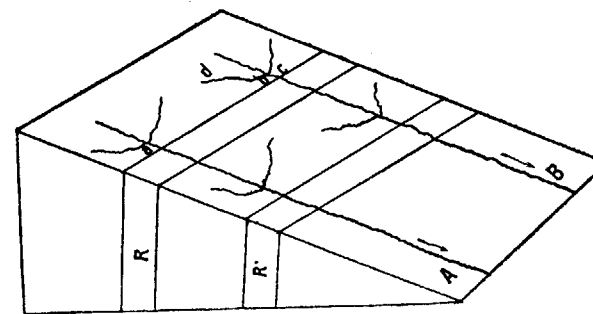


Fig. 3.

que se llaman *subsecuentes*. Pero si el punto a, por ejemplo, está más bajo que el b, el afluente ac tiende á aumentar su longitud invadiendo el terreno del db hasta que llega á tocar á b; entonces toda la parte superior del río B afluye al A, es decir, el río A ha capturado la cuenca superior del B, que en este caso se llama un río *decapitado*, y las corrientes db y eb, que corren en sentido inverso al primitivo, se llaman *obsecuentes*. Por sucesivas transformaciones, un río puede llegar á componerse de partes consecuentes, subsecuentes y obsecuentes, excavando un valle que entonces se llama *sinético*.

Podríamos analizar el curso de los principales ríos del país vasco y reconstituir la historia de cada uno de ellos; pero como el desarrollo de este asunto exigiría demasiado tiempo, sin graú provecho de momento, me limitaré á citar como ejemplo de esos ríos conquistadores al Oria, que ha capturado una parte de la antigua cuenca superior del Urola. El afluente que se junta con éste en Azpeitia, pasando por Urrestilla, y que en algunos mapas aparece con el

nombre de Ibai-Eder, nace hoy en el alto de Manduri, cerca de Astigarreta; pero anteriormente debió tener su origen en las vertientes de Aizgorri y unirse á los ríos que pasan por Cegama y por Idiazábal, los cuales hoy afluyen al Oria. El Ibai-Eder es, pues, un río decapitado.

Al terminar la exposición de estas ideas para explicar siquiera sea someramente la historia de nuestro país vasco, insistiré un instante en las consideraciones que apunté al principio de mi discurso, reproduciendo al efecto lo que en ocasión parecida á la mía decía no há mucho el eminente geólogo Sr. Lapparent, después de recordar una de las amenas narraciones contenidas en el célebre libro de Topffer, titulado *Voyages en zig zag*, donde con admirable estilo se describen las bellezas de los Alpes. En aquella narración el escritor se esfuerza en ponderar el contraste que ofrecía una banda de colegiales en vacaciones, electrizados ante un espléndido panorama, con otro grupo de excursionistas, que, absortos en el examen de unos pedruscos, se inclinaban para mirarlos con sendos lentes, volviendo las espaldas á tan grandioso paisaje; y agrega irónicamente: «estos señores eran unos geólogos.» Pues bien: los progresos de la ciencia se han encargado de demostrar que el mejor medio de comprender los paisajes en toda su grandiosidad, es precisamente el estudio de esas piedras en que están encerrados los secretos de la corteza terrestre. Suponia el aludido literato que aquellos señores sólo paraban su atención en las rocas y en los fósiles; pero véase cómo, gracias á esos testigos del pasado, no sólo pueden los geólogos indicar con seguridad la razón de ser de las formas visibles del suelo, sino también resucitar con el pensamiento paisajes desaparecidos.

¿No es ésta una evocación tan interesante ó más que las que nos pueden ofrecer los historiadores, presentándonos á nuestros antepasados, después de todo, semejantes á nosotros, en medio de una naturaleza idéntica también á la que nuestros ojos contemplan? El geólogo puede hacer revivir un mundo muy diferente del nuestro, tanto por la geografía, como por las plantas y los animales, que lo han poblado en cada época. Donde el simple alpinista no ve más que picos más ó menos inaccesibles, el geólogo reconstituye esos gigantescos pliegues que removieron y estrujaron como un trapo la cor-

teza terrestre; mide lo que los derrubios han barrido de todas esas formas transitorias; considera las montañas en las diferentes jornadas de su carrera; restaura los antiguos volcanes y los mares y lagos, en cuyo seno se elaboró con majestuosa lentitud el suelo que hoy nos nutre y sustenta; y á la vista de tan continuas y portentosas mudanzas, el alma se eleva hasta la contemplación del único Sér eternamente inmutable.

Si no se encuentra interés, elevación y hasta poesía en esas evocaciones y en el cuadro que he trazado de las vicisitudes de nuestra tierra, habrá de atribuirse á la pobreza de mi ingenio, que no ha acertado á pintarlo con los colores adecuados; pero se deberá reconocer á lo menos, que hay un manantial de goces intelectuales en esa facultad de ver con los ojos del alma más de lo que perciben los ojos del cuerpo y aceptarse sin protesta también, que estudiando nuestra tierra, esforzándonos por conocer su pasado y su presente, nos unimos más íntimamente con ella, la amamos con creciente intensidad y miramos con mayor interés su porvenir.

Inspiremos en las nuevas generaciones el amor al suelo nativo; que su contacto íntimo y prolongado con la naturaleza vigorice los cuerpos y enardecza las almas, y confiemos en que, tras del período de ruína y decadencia, ha de sonar la hora de las reparaciones, para que nuestra patria hoy abatida se vea exaltada; así como esas rocas un tiempo caídas y deprimidas en los oscuros abismos de los antiguos mares, se iluminan en días serenos con los rayos esplendorosos del sol en las cumbres de nuestras montañas.

RAMÓN ADÁN DE YARZA.

DOS PALABRAS

REFERENTES A LA TEORÍA DE LAS ZONAS DE COBIJADURA

COMO PRÓLOGO A LA TRADUCCIÓN DE UN TRABAJO DEL Sr. NICKLÉS

Con el título *Sur l'existence des phénomènes de charriage en Espagne dans la zone subbétique*, se ha publicado en el *Boletín* de la Sociedad Geológica de Francia ⁽¹⁾ una interesante nota subscripta por el Sr. René Nicklés, bien conocido en España por sus trabajos geológicos referentes a la región sudeste de nuestra Península, alguno de los cuales, traducido al castellano, se publicó años há en este mismo *Boletín* ⁽²⁾. La nota á que ahora aludimos, más que ampliación de aquellos trabajos, es interpretación de ciertos fenómenos estratigráficos y tectónicos de la referida zona, con arreglo á determinadas teorías que hoy gozan de gran boga entre los geólogos franceses, y que, si bien discutidas, van abriéndose camino para dar solución á muchos problemas difícilmente explicables de otro modo.

Siguiendo la Comisión del Mapa geológico de España su costumbre de dar á conocer en este *Boletín* los estudios referentes á nuestro suelo, aunque se hayan llevado á cabo fuera de la esfera oficial, inserta la traducción de la nueva nota del Sr. Nicklés, y ha creído oportuno que vaya precedida de algunas consideraciones acerca del modo cómo las modernas teorías pueden explicar ciertos fenómenos estratigráficos observados en las regiones más trastornadas; y como semejantes interpretaciones apenas se habían aplicado hasta ahora á

(1) *Bull. Soc. Géol. de France*. Cuarta serie, tomo IV, pág. 123.

(2) *Nota acerca de los terrenos secundarios de las provincias de Murcia, Almería, Granada y Alicante*, por M. René Nicklés, tomo III, segunda serie.

España, y son poco conocidas en nuestra literatura científica, se ha tratado también de fijar el significado español del nuevo tecnicismo ⁽¹⁾.

La ciencia de la tierra atraviesa un período de intensa transformación. Los progresos en la exploración del globo han apertado y siguen aportando nuevos documentos procedentes de vastas superficies hasta hace poco apenas conocidas desde el punto de vista geológico; y por otra parte, el estudio cada más vez minucioso de las regiones trastornadas pone de manifiesto inesperadas complicaciones estratigráficas, para cuya solución, no bastando los principios de la Geología que pudiera llamarse clásica y tradicional, se ha recurrido á hipótesis, que muchos califican de temerarias, pero que van siendo aceptadas por los que mejor conocen y más han contribuido á desenmarañar la estratigrafía de aquellas mismas regiones.

En los países de estratificación regular ó poco alterada siempre se vieron confirmados los dos principios más importantes establecidos por los fundadores de la Geología, esto es, el principio de superposición, según el cual un estrato es más moderno que el que le sirve de base, y más antiguo que el que le cubre; y el principio paleontológico, en cuya virtud á cada período geológico corresponden faunas y floras especiales. Si al abordarse el estudio de las comarcas más transformadas se presenta algunas anomalías, el tiempo y el mejor estudio siempre han demostrado que, la contradicción era aparente, el principio paleontológico, siempre incólume, hacía ver la existencia de una inversión ó dobladura de los estratos, donde el examen superficial creyó ver una sucesión regular de los mismos. Muchos ejemplos podrían aducirse en corroboración de este aserto; pero bastaría para nuestro propósito recordar la célebre controversia que desde 1828 suscitó el yacimiento denominado de *Petit Cœur* en la región Tarantesa, de los Alpes franceses, cuestión que con mucha gracia calificó el Sr. Lapparent de guerra de los treinta años, aludiendo á su duración ⁽²⁾.

(1) Durante el tiempo transcurrido entre la redacción y la impresión de estos renglones, se ha publicado en las *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona* un trabajo suscrito por los Sres. Bergeron y Almera, y que lleva por título *Aplicación de la teoría de los mantos recubrientes al estudio del macizo del Tibidabo de Barcelona*.

(2) *Les surprises de l'estratigraphie*, en la *Revue des questions scientifiques*, año 1904, tomo II.

En la localidad citada y en la vertiente de una montaña, observó Elie de Beaumont una serie de capas sensiblemente horizontales, sin que nada pareciera indicar desorden en la estratificación. En la base, formada principalmente pizarras, se encontraban Belemnitos liásicos; más arriba pizarras y areniscas con fósiles vegetales del período hullero, y después aparecían nuevamente pizarras con los mismos Belemnitos. Para Elie de Beaumont este yacimiento demostraba que la vegetación del período hullero subsistió hasta el liásico inclusive. Los paleontólogos, que no se resignaban á este fracaso de sus principios, sostenían la existencia de un pliegue ó inversión no visible en los estratos, y esto es lo que vino á demostrarse al cabo de muchos años de estudios perseverantes, que revelaron existía allí gran complicación estratigráfica, y descubrieron en aquella zona y en la misma montaña de referencia los diferentes tramos del triás intercalados entre el carbonífero y el liásico, los dos horizontes antes señalados. No cabía duda: la anomalía aparente de aquella montaña era consecuencia de un pliegue en forma de C, que hacía parecer dos veces cada estrato en la misma ladera; y no era éste un hecho aislado, sino que en otras montañas de aquella comarca se pudo comprobar que había hasta cuatro pliegues apilados horizontalmente unos sobre otros.

Mas como en muchas ocasiones falta el auxilio eficaz de la Paleontología, el geólogo se ve expuesto errores en la interpretación de los hechos, y esto es tanto más de temer cuanto más conocida va siendo la estructura de la corteza terrestre, y se hace más palpable su extremada complicación estratigráfica.

Entre los hechos que más han influido en las nuevas concepciones tectónicas, debe citarse la complicada estructura de las cuencas hulleras del N. de Francia y de Bélgica. Los sondeos que desde hace medio siglo se han ido efectuando para encontrar la prolongación de estas cuencas hacia el SO., por debajo de la formación cretácea, dieron en unos puntos el resultado apetecido, mientras que en otros muy próximos se encontraban inmediatamente debajo del cretáceo las areniscas devonianas; hecho que se interpretó suponiendo que el contacto del hullero y el devoniano era un contacto anormal por falla, esto es, que una fractura vertical ó próxima á la vertical limitaba dos zonas de la corteza terrestre, habiendo descendido una con relación á la otra. Pero los progresos del laboreo hicieron ver que el terreno hullero continúa más allá de la supuesta falla, por debajo del devoniano, es decir, que el terreno más antiguo está

montado sobre el más moderno. Además, se descubrieron en algunos puntos capas calizas intercaladas entre las areniscas devonianas y el terreno hullero, y se vió que aquellas capas, consideradas al principio como de la caliza carbonífera y procedentes del fondo de la cuenca, contenían fósiles silurianos, y por tanto, en los sitios donde

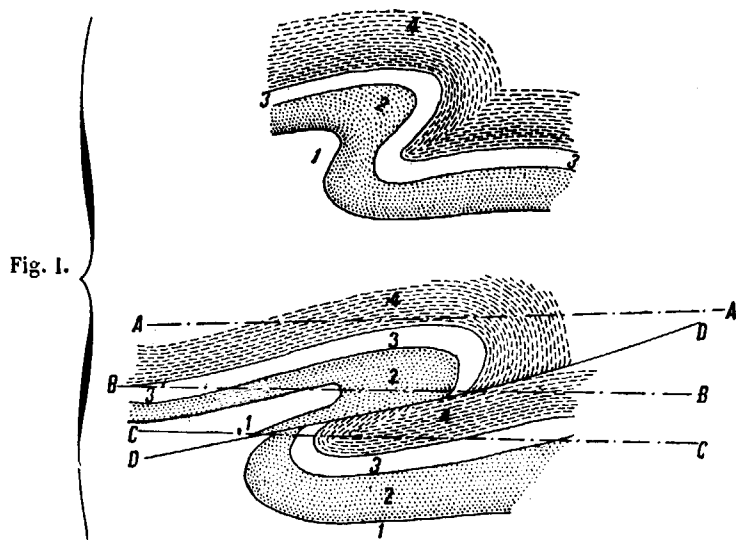


Fig. 1.

se presentan estas calizas no hay inversión en la parte montada sobre el terreno hullero, como ocurriría en el caso de un simple pliegue recostado. Al mismo tiempo que estas observaciones modificaban profundamente el concepto acerca de la estructura de las cuencas carboníferas del N. de Francia, las de Hainaut y Charleroi, en Bélgica, revelaban otros hechos inesperados. En espacios restringidos, que se creían totalmente hulleros, aparecen capas más antiguas invertidas sobre aquel terreno, viéndose á veces la caliza carbonífera debajo de las areniscas devonianas.

Para comprender el origen de todas estas anomalías aparentes, es preciso considerar que hoy no se ve del terreno hullero en aquellas cuencas sino lo que han dejado subsistir inmensos derrumbios continuados durante largos periodos de tiempo y anteriores al depósito de los terrenos cretáceos. Reconstituyendo con el pensamiento cuanto los derrumbios hicieron desaparecer; se comprende que los *retazos ad-*

venticios deben ser las porciones inferiores de pliegues recostados que han montado sobre el terreno hullero, y de los cuales sólo se ha conservado la base. De este modo ha podido engendrarse la síntesis en que el Sr. Bertrand ha resumido la constitución de las cuencas carboníferas del N. de Francia, y que se comprenderá mediante los diagramas adjuntos (fig. I):

Prescindamos de las capas próximamente horizontales que cubren los terrenos primarios y que se depositaron después que éstos sufrieron grandes transformaciones y corrosiones. Un primer empuje lateral da origen á la ondulación figurada en el primer esquema; continúa actuando ese empuje: la ondulación se acentúa cada vez más, formándose un pliegue recostado; las capas se estiran en la parte más pronunciada del pliegue; llega á producirse un plano ó superficie de rotura *DD*, y actuando todavía el empuje lateral, la rama superior del pliegue es arrastrada sobre la inferior, siguiendo esa superficie poco inclinada sobre el horizonte. Después actúan los derrumbios, y según que la superficie del antiguo terreno, aplanado mucho antes de depositarse los llamados *terrenos muertos* que actualmente lo cubren, sea *AA*, *BB* ó *CC*, se tendrán las diversas combinaciones que aparecen en las cuencas susodichas. En el primer caso, *AA*, tiene lugar el laboreo en un terreno hullero que no está en su sitio, sino que ha sido arrastrado por encima de la primitiva cuenca carbonífera, subsistente bajo el plano ó superficie *DD*.

En la cuenca carbonífera del Gard (meseta central de Francia), se observa también una estratigrafía muy complicada en que han intervenido los fenómenos de encobijado, según indicó el Sr. Bertrand (1), y el mismo geólogo ha demostrado la sorprendente analogía que desde el punto de vista de las dislocaciones estratigráficas ofrece la cuenca de los lignitos de Faveau, en el Mediodía de Francia, con las cuencas hulleras del Paso de Calais (2).

La noción de las cobijaduras en sentido horizontal ó poco inclinado, no tardó en extenderse á los grandes macizos plegados, y al mismo Sr. Bertrand, que con las nuevas teorías halló el medio de descifrar la tectónica de algunas comarcas de la Provenza, corresponde también la iniciativa de aplicar á los Alpes las ideas que posteriormente habían de desarrollar Lugeon, Schard y Termier.

(1) *Annales des Mines*, 1900, tomo I.(2) *Idem*, 1898, tomo II.

Al comienzo de los estudios geológicos en los Alpes, la constitución general de aquella cordillera, considerada en junto, pareció bastante sencilla. Partiendo de la llanura suiza, cubierta de molasas del terciario superior, se encontraban, caminando hacia el S., el terciario inferior; después el cretáceo, el jurásico superior y el jurásico inferior, y, por último, en contacto con éste, las pizarras cristalinas; de modo que, siendo normal hasta este contacto la sucesión de terrenos, parecía lógico suponer que éstos formasen fajas paralelas, tanto más antiguas cuanto más próximas á las altas montañas. En tal hipótesis se trazaron los mapas geológicos de la región; pues en los países en que el subsuelo no es siempre observable, hay que apoyarse en algo que pueda coordinar hechos y observaciones aislados. Sin embargo, este método, aplicado concienzudamente por los geólogos suizos, se traducía en una extremada complicación de los contornos que limitaban cada terreno, y para explicar el hecho era preciso muchas veces imaginar fallas poco verosímiles. Bertrand lo comprendió así, y vió también que para darse cuenta de la superposición del jurásico al flisch terciario en grandes extensiones, cerca de Oberland, era más sencillo suponer aquellas capas jurásicas como transportadas desde distancia considerable, que no imaginar que se ligasen por medio de pliegues á una raíz profunda, esto es, á un conjunto de capas de la misma formación que existieran allí cerca ocultas é invisibles. Tal concepto, que al principio pareció atrevido, fué alcanzando crédito á medida que las regiones prealpina y alpina iban siendo mejor estudiadas y revelaban una estructura muy distinta de la supuesta regularidad. Merece mencionarse aquí lo que aconteció en 1894, cuando los miembros del Congreso Geológico Internacional visitaron el Oberland: después de atravesar el cretáceo y el jurásico, llegaron á una caliza hasta entonces atribuida al triás, porque parecía asomar por debajo del jurásico, y descubrieron en aquella roca un Numulito fósil característico del terciario inferior. Por tanto, el corte clásico era defectuoso, y la superposición del jurásico al terciario en la vertiente N. de la cordillera, estaba fuera de duda.

Aplicando los nuevos conceptos Schard y Lugeon en los Pre Alpes, y Termier en los Alpes occidentales, han podido desenmarañar la estratigrafía tan enredada de estas regiones, y hoy muchos de los geólogos que las conocen á fondo se adhieren á la hipótesis de las grandes cobijaduras, que repetidas veces hubieran llevado hacia el N.

masas de terreno procedentes del S., cual otras tantas olas que hubieran venido á romperse unas sobre otras, y cuyo origen se ha buscado á veces á 50, 100 y hasta 150 kilómetros de distancia. Puntos hay en que se observan tres y hasta cuatro series de capas encobijadas la mayor parte de ellas en un estado de trastorno y desgarramiento extremos, de donde resultan los contactos estratigráficos más inesperados.

Con la perforación del túnel para la vía férrea de la Jungfrau, se ha podido comprobar la existencia de la arenisca numulítica eocena dentro de la ingente mole de rocas calizas denominada *Hoch-gebirgskalk* (caliza de las altas montañas), que antes se atribuía totalmente al Malm (jurásico superior), y que en vez de ser, como se creía, una masa homogénea, está formada por pliegues apilados, según indica el presente corte, trazado por el señor Golliez (fig. II).

Este apilamiento de pliegues que se comprueba también en el complicado macizo del Simplon, se considera producido por un empuje procedente del N. Véase

en el siguiente corte cómo el Sr. Golliez sintetiza y explica sus observaciones en el macizo de la Jungfrau durante los estudios preparatorios y la construcción del ferrocarril, que pronto ha de llevar hasta la cumbre de aquella enhiesta montaña excursionistas de todo el mundo (fig. III).

No puede desconocerse, sin embargo, que algunos han incurrido en exageraciones imaginando cobijaduras no siempre justificables, y llegando á ver en ellas un fenómeno independiente de los pliegues, como si hubiera podido verificarse en la superficie un verdadero acatreo en masa por efecto de un empuje horizontal. La reacción se ha producido. Se ha encontrado á veces á distancia relativamente corta

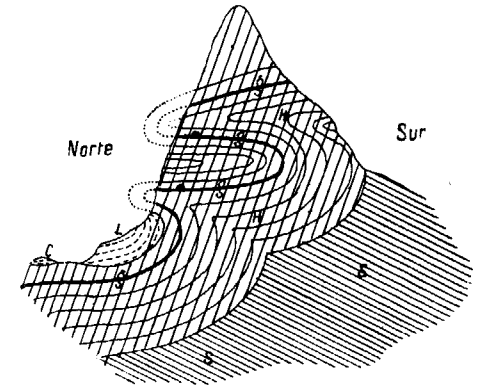


Fig. II.

S, Pizarras cristalinas; H, Hoch-gebirgskalk (caliza de las altas montañas); G, Arenisca numulítica eocena; L, Lias; C, Cretáceo.

la raíz de alguna de esas zonas ó masas sobrepuestas, y se ha llegado á un concepto más racional: á la noción de pliegues, regulares en su origen, pero tan fuertemente estirados en el transcurso del empuje, que el fraccionamiento de sus dos ramas les ha hecho *muchas veces inconocibles*. Se ha reconocido también que esos apilamientos de capas no podían producirse sino bajo una enorme presión ejercida por una masa sobrepuesta de gran espesor. Se trata, por tanto, de fenómenos que han debido verificarse en profundidad y á una distancia de la superficie tal, que la presión sufrida por las capas, de cualquier clase que fueran, debió dotarlas de cierta plasticidad.

Con esto queda transformada radicalmente la ya anticuada noción de los levantamientos de montañas, según la cual nos imaginábamos que la acción orogénica debió hacer surgir en los aires una serie de

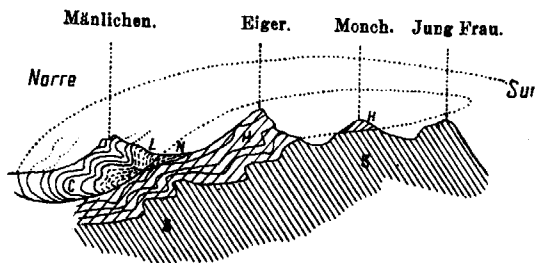


Fig. III.

S, Pizarras cristalinas; H, Hochgebirgskalk (calizas de las altas montañas); N, Caliza numulítica; L, Lias; C, Cretáceo.

ondas cuyas crestas correspondían á los pliegues salientes ó anticlinales, y cuyos intervalos eran los pliegues sinclinales; de suerte que la orografía quedaba claramente delineada desde el origen de cada cordillera. Hoy, en los enérgicos trastornos que la minuciosa observación revela, vemos el resultado de convulsiones internas que han producido sus efectos á gran distancia de la superficie; efectos que no se han hecho visibles sino al tiempo en que el movimiento en masa de todo el conjunto ha hecho surgir una parte sobre el nivel del mar. Entonces ha actuado la corrosión, dibujando las líneas de mayor y menor resistencia y verificando una especie de disección que pone de manifiesto estructuras ocultas durante mucho tiempo bajo un gran espesor de terrenos. Estos, los más superficiales, que los derrubios han ido barriendo, no sufrieron más que suaves on-

dulaciones, porque obedecían más fácilmente á las presiones laterales: á ellos no llegó más que una especie de eco amortiguado de los intensos trastornos que sufrían las capas infrayacentes.

Estos nuevos conceptos explican más satisfactoriamente la tectónica de las trastornadas regiones alpinas, dando la razón de ser de muchos fenómenos, entre otros, de la existencia de lo que se llamaba *cantos exóticos*, que contrastan, donde se encuentran, con un paisaje totalmente diferente. Esos cantos son, según la nueva teoría, *jirones* ó *retazos* procedentes del eje resistente de un pliegue recostado cuya raíz ha desaparecido derrubida al mismo tiempo que se barriá también toda la cubierta del pliegue. Las capas jurásicas que aparecen horizontales cerca de algunas cumbres de los Alpes, y que era difícil suponer que hubieran sido respetadas en esa posición por las grandes convulsiones de la era terciaria, son pliegues horizontales apilados que van á terminar en cuña en el terreno cristalino, del que los separa un pliegue agudo de rocas del trias.

Los estudios paleontológicos han venido á dar más de una vez brillante confirmación á éstas y otras aplicaciones de las nuevas teorías.

Admitida la hipótesis de las grandes cobijaduras para explicar la tectónica de los Alpes occidentales, era de esperar su aplicación á otras comarcas montañosas, y, sobre todo, á los Alpes orientales, á pesar de que aquella parte de la cordillera, desde el valle del Rhin hacia el E., fué siempre considerada como tipo de levantamientos simétricos y regulares. La opinión corriente era ver en ella un núcleo antiguo de pizarras cristalinas ocupando el eje del sistema, flanqueado por ambos lados por sedimentos antiguos, contra los cuales se apoyaban, tanto al N. como al S., las fajas de los *Alpes calizos*, formadas de terrenos secundarios; de modo que el eje cristalino venía á ser el soporte de la gran bóveda, rota por la clave, que representaba todo el conjunto.

Desde el punto de vista paleontológico, una profunda diferencia separa á los Alpes orientales de los occidentales, ó sea de la cordillera suizo-franco-italiana.

Desde el valle del Rhin la facies llamada helvética es reemplazada á partir del triásico por una facies eminentemente mediterránea, caracterizada, al propio tiempo que por el gran desarrollo de las calizas compactas, por la aparición de una fauna de cefalópodos distinta de la que reina en las regiones occidental y septentrional. La

facies helvética termina repentinamente en el Rhin, y la otra comienza no menos de repente desde allí, sin que entre una y otra aparezca ningún macizo antiguo que hubiese podido formar una barrera entre dos mares distintos. El hecho es innegable; su explicación podrá ser más ó menos acertada.

En 1905, con motivo del Congreso Geológico de Viena, visitaron los Alpes orientales varios geólogos de los que más habían contribuido á esclarecer la tectónica de la parte occidental de la cordillera, entre ellos Termier y Haug. Estos geólogos creyeron ver allí desde el primer momento una cosa muy distinta de la que pretendían demostrarles sus colegas austriacos. Guiados por ciertas analogías con los rasgos fundamentales de la región que tan familiar les era, no vacilaron en considerar como grandes *zonas arrastradas* ó cobijaduras de terreno aquellas calizas, que para los geólogos austriacos estaban en el lugar mismo en que se habían constituido y formaban una serie de pliegues sinclinales y anticlinales. El clásico eje cristalino no era, para los geólogos franceses, la línea directriz del levantamiento, sino el fondo ó capa más profunda que se veía á través de una especie de ventana abierta por una desgarradura de las capas calizas, y ese fondo no era tampoco en su totalidad tan antiguo como se le suponía, sino en gran parte lo equivalente á las llamadas *pizarras lusitrosas* de edad liásica (1), estudiadas en los Alpes franceses. Según esta interpretación, ninguna parte de aquellas masas calizas ocupa el lugar en que se formó, y muy lejos, hacia el S., en el país Dinárico, es donde hay que buscar la raíz de los enormes pliegues recostados cuyo arrastre y apilamiento hubo de producir los Alpes calizos.

Los geólogos austriacos no se conforman con esta manera de ver, y protestan de que después de tantos años de ruda labor para describir la tectónica de los Alpes orientales, haya bastado una rápida visita de los geólogos franceses para echar por tierra todos sus conceptos. La polémica ha tomado un carácter violento, habiéndose llegado á calificar á Termier de *geo-poeta* y á la teoría de los arrastres de *bonne à tout faire*.

Quizá el Sr. Termier se ha excedido al imaginar la serie de arrastres, ó mejor dicho transporte y cobijaduras de inmensas masas pétreas, desde largas distancias, con que en ingeniosa síntesis explica

(1) Algunos escasos fósiles, principalmente *Ammonites Murchisoni*, han inducido á clasificar este conjunto de pizarras en el liásico superior.

la constitución de toda la cordillera alpina (1); pero no puede desconocerse que así se da razón de la anomalía á que antes aludimos, esto es, de la diversidad de faunas de la región occidental y oriental de los Alpes calizos.

Es innegable también que la estratigrafía de los Alpes orientales va resultando más complicada de lo que se había supuesto, y que otras pretendidas anomalías paleontológicas se han desvanecido mediante el descubrimiento de pliegues é inversiones no sospechados al principio, reproduciéndose en algunas montañas, y singularmente en las inmediatas á Salzburgo, casos parecidos al de Petit Cœur, antes recordado. Cualquiera que sea la suerte que el porvenir reserve á las nuevas teorías, el geólogo debe conocerlas y aquilatarlas sobre el terreno.

Esta consideración nos ha movido á exponer el breve resumen que antecede como introducción á la nota en que el Sr. Nicklés aplica á una región española las ideas en boga, no dándolas siempre como definitivas; antes bien, exponiendo con laudable sinceridad sus conVICciones y sus dudas. A los geólogos que completen el estudio de esa y de otras regiones de nuestra Península, en que tanto queda que investigar, incumbe el aportar hechos que corroboren ó rectifiquen los nuevos conceptos, y para esa tarea tendrán un valioso antecedente en la nota que sigue.

RAMÓN ADÁN DE YARZA.

(1) *Bulletin de la Société géologique de France*, 1903.

FENÓMENOS DE COBIJADURA EN ESPAÑA
EN LA ZONA SUBBÉTICA

POR

M. RENÉ NICKLÉS

Circunstancias independientes de mi voluntad me han impedido, hasta el presente, publicar las observaciones que hice durante los años 1892 y 1893 en la zona subbética, particularmente en las provincias de Murcia y Almería y en el N. de la de Granada ⁽¹⁾.

El secundario y el terciario anterior al mioceno, están allí fuertemente plegados, como lo demuestran los trabajos de los Sres. Marcel Bertrand y Kilian. Según las notables Memorias de estos geólogos, los pliegues en Andalucía están, por lo general, orientados paralelamente á la gran falla del Guadalquivir que limita al S. la meseta española. Esta dirección persiste al E. hasta el extremo oriental de las provincias de Alicante y de Valencia, y parece alcanzar desde allí á las islas Baleares.

Hasta ahora ningún fenómeno de cobijadura ha sido señalado en esta zona; y sin embargo, si se leen atentamente las *Notas* de Colomb y de Verneuil, sorprende ver en ellas esta observación ⁽²⁾: «Nada menos regular que la sucesión de terrenos en esta comarca; denudaciones frecuentes ú oscilaciones del suelo acaecidas en todas épocas, han puesto á menudo en contacto depósitos muy distantes en la escala geológica. Así, el trias está cubierto por las capas jurásicas cer-

(1) He señalado sus principales resultados en 1903, *Sur l'existence des phénomènes de recouvrement dans la zone subbétique*. C. R. Ac. Sc., tomo CXXXIV, pág. 493.—(N. del A.)

(2) B. S. G. F., tomo XIII, págs. 674-728.

14 FENÓMENOS DE COBIJADURA EN LA ZONA SUBBÉTICA

ca de Hellín, y por la creta al pie del Carche, cerca de Jumilla.» Esta observación, cuya exactitud pude comprobar en diversos puntos de la zona subbética, unida al hecho de que el jurásico y los diversos pisos del cretáceo vienen frecuentemente á descansar sobre el triás, á distancias cortas los unos de los otros, me había impulsado

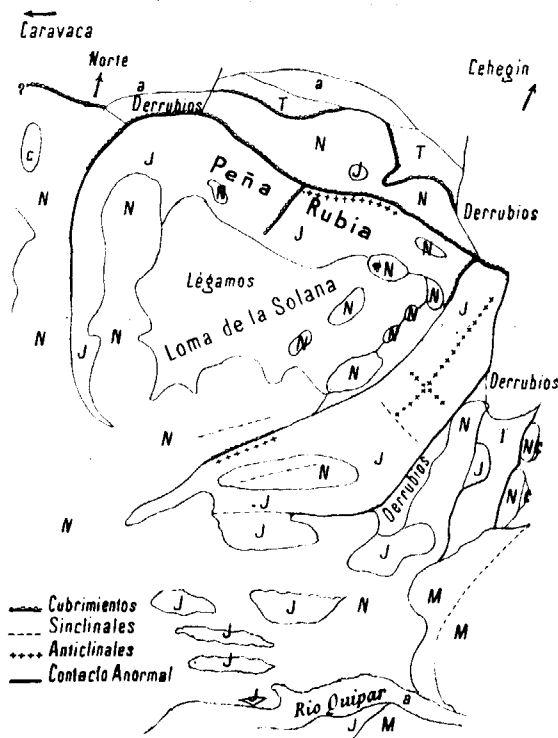


Fig. 4.—Croquis geológico de la Peña Rubia.—Escala 1 : 60000 aproximadamente.

a, Aluviones modernos; M, Mioceno; C, Cretáceo; N, Neocomiense é Infracretáceo; J, Titónico y capas berriacenses; T, Triásico.

siempre á rechazar la explicación de este fenómeno por la frecuencia posible de oscilaciones; pero no se me había ocurrido buscar una solución del problema en los fenómenos de arrastre antes de encontrar un ejemplo de éstos, estudiando especialmente el macizo de la Peña Rubia.

I.—La Peña Rubia.

La Peña Rubia se levanta á un quilómetro próximamente al S. de Cehegin (provincia de Murcia), y domina con 100 ó 150 metros de altura la margen meridional del rio Caravaca. Debe su nombre al

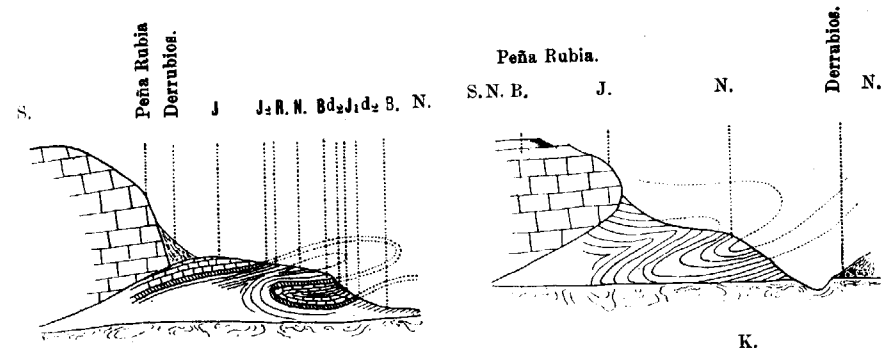


Fig. 2.

Fig. 3.

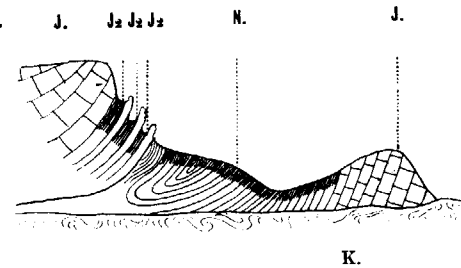


Fig. 4.

Frente Norte de la Peña Rubia.—Escala aproximada, 1 : 20000.

N, Neocomiense; B, Berriacense; J, Jurásico superior; J₂, Capas rojas con *Rhacophyllites Loryi*; J₁, Jurásico inferior, capas con *Rh. Loryi*; K, Margas irisadas del Triásico.

color rojo ladrillo de ciertas capas del jurásico superior que asoman en sus laderas. En 1896 ⁽¹⁾ di una descripción estratigráfica de este macizo.

(1) Nicklès, *Sur le terrain secondaire des provinces de Murcia, Almería, Grenade et Alicante*. C. R. Ac. Sc., tomo CXXII, pág. 550, 1896.—(N. del A.)

Está constituido en su conjunto por una meseta que tiene próximamente cuatro kilómetros de N. á S., con una amplitud mayor de E. á O., y cuyo límite occidental no he podido señalar.

Las capas, que presentan con bastante frecuencia accidentes de detalle, ofrecen en conjunto una marcha normal y se hallan casi siempre en su orden de superposición, salvo hacia la parte meridional y en el frente septentrional, como se verá luego.

La parte superior de esta meseta está constituida por calizas margosas blancas, que deben referirse al neocomiense inferior (incluso el herriacense) (1).

PARTE SEPTENTRIONAL DE LA PEÑA RUBIA.—Esta meseta se presen-

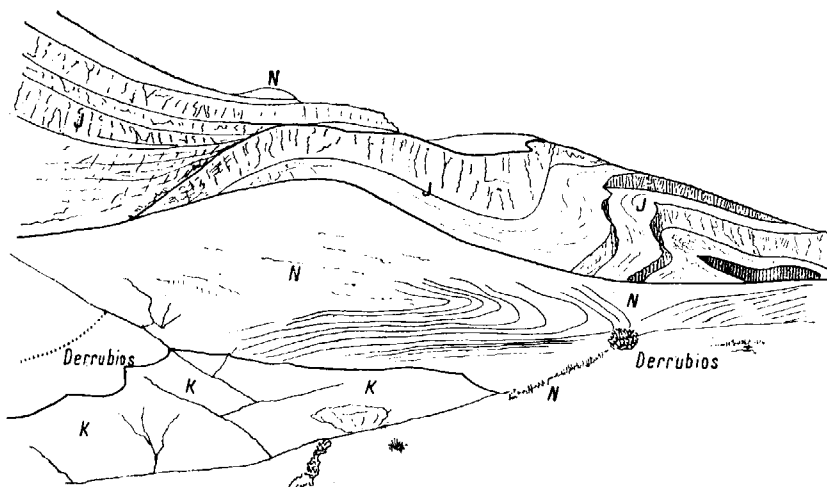


Fig. 5.—Croquis de la Peña Rubia frente á Cehegín, mostrando el Neocomiense encajado entre el Keuper y el Jurásico.—Las letras tienen igual significado que en las figuras anteriores. (Calcado de una fotografía.)

ta bajo una forma poligonal: al E., su borde casi rectilíneo forma un escarpe desde el río Quipar hasta Cehegín; después esta pared, frecuentemente abrupta, toma bruscamente, con algunas sinuosidades, la dirección EO., dominando la orilla meridional del río Caravaca hasta el empalme de los caminos de Galasparra y de Cehegín á Caravaca.

(1) Las capas llamadas de Berrias forman el tránsito del jurásico superior al infracretáceo.—(N. del T.)

Al pie de este escarpe se encuentra, rebajado y separado de la masa principal de Peña Rubia, un sinclinal neocomiense, buzando al S.; sinclinal que en el borde N. llega á estar invertido, y descansa, así como algunos restos del jurásico, sobre el trias (margas irisadas yesíferas). Los cortes adjuntos (figs. 2, 5 y 4) indican esta disposición. Estos cortes se han tomado al S. de Cehegín, sobre el frente septentrional de la Peña Rubia.

El neocomiense que forma el sinclinal está, pues, en una situación completamente anormal, sobrepuesto al keuper y debajo del jurásico, pues buza al S. y parece introducirse bajo la masa jurásica de la Peña Rubia, pero descansando siempre sobre el trias. No solamente hay, pues, una cobijadura, sino que ha habido también traslación, puesto que el lado normal inferior del pliegue se ha desgastado hasta tal punto, que á corta distancia el jurásico y el neocomiense de este margen se apoyan por su canto sobre las margas irisadas del keuper (fig. 4).

Tal disposición parece originada por un fenómeno de traslación, cuya amplitud puede ser interesante investigar, estudiando los puntos en que los derrubios sean lo bastante para que pueda reconocerse la periferia del macizo.

La figura 5 y el croquis 5 muestran este sinclinal descansando directamente sobre las margas irisadas del trias; la figura 4 indica el aspecto de la disposición de la cobijadura; aspecto, en verdad, exagerado á causa de la orientación oblicua del plano de afloramiento relativamente con la dirección de la charnela sinclinal del pliegue.

Esta disposición, fácil de observar en los detalles de la figura 5, se ve también muy claramente poco más al E. del punto por donde este corte ha sido trazado: afecta igualmente al jurásico y al neocomiense, pero en esta parte de la Peña Rubia la superposición del conjunto sobre el trias queda oculta por derrumbamientos.

Al O. el sinclinal disminuye de importancia en su conjunto; ha sido fuertemente derrubiado, por causa sin duda de la elevación de su eje, y después de haber puesto de nuevo en contacto alternativamente el neocomiense y el jurásico con las margas irisadas del trias, parece venir á tocar, debajo de los derrubios, al margen superior del pliegue, es decir, al jurásico.

Me ha faltado tiempo para seguir este estudio más al O.; pero, por lo general, la masa trasladada parece continuar, siempre constituida por el jurásico y el cretáceo, al S. de la huerta de Caravaca, cuyo suelo, abstracción hecha de los aluviones y derrubios de la superfi-

cie, corresponde á las margas irisadas del triás, atravesadas de vez en cuando por asomos de rocas ofíticas.

PARTE MERIDIONAL.—Los cortes que preceden podrían bastar en rigor para demostrar que en la Peña Rubia se presentan fenómenos de traslación; pero los detalles que se observan dirigiéndose hacia el S. lo confirman aún más e indican que estos hechos no son locales.

En efecto: si después de haber franqueado el escarpe N. de la Peña Rubia nos dirigimos hacia la loma de la Solana y la atravesamos, para bajar en seguida al río Quipar, observaremos los accidentes siguientes, tanto más claros por cuanto el suelo está muy derrubiado en esta zona y surcado frecuentemente por barrancos (fig. 6).

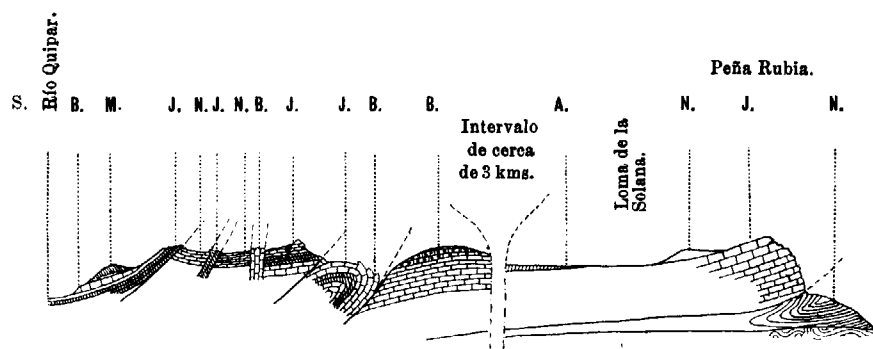


Fig. 6.—Corte desde el río Quipar á la Peña Rubia.—Escala aproximada, 1 : 20000 para las longitudes; alturas exageradas.

A, légamos y Pleistoceno; M, Helveciense; N, Neocomiense; B, Berriacense; J, Jurásico (los bancos cubiertos de trazos indican las capas rojas con *Rhacophyllites Loryi*); K, margas irisadas del Triásico.

En la ladera E. de la Peña Rubia se ve, á una altura inferior próximamente en 150 metros á la que ocupa sobre la meseta, al neocomiense descansando sobre el triás. Podría acaso atribuirse esto á masas desprendidas que hubiesen resbalado por la pendiente hasta el triás; pero tengo razones para atenerme preferentemente á la primera hipótesis, por más que los derrubios que separan aquellas capas de la masa principal no me han permitido disipar completamente la duda.

Es muy probable que tengamos aquí el afloramiento del contacto anormal, que indica la superficie de traslación; las capas presentan,

en efecto, sobre la meseta, á cierta distancia hacia arriba, un anticlinal dirigido de NE. á SO., y hasta recostándose en algunos sitios hacia el O., en las cercanías de Cehegin. Las capas, que buzan fuertemente hacia el valle, corresponden allí al jurásico y al neocomiense en sucesión normal, estando uno y otro á corta distancia en contacto con las margas irisadas del triás.

Pero este anticlinal no conserva mucho tiempo la marcha regular: poco más al S., al acercarse á la bajada hacia el río Quipar, se disloca; esta parte presenta muchos planos de rotura, fallas inversas, coincidiendo con el rumbo general del empuje de S. á N. Si se sigue también el corte de S. á N., partiendo del río Quipar, se ven las capas berriacenses levantarse poco á poco, cubriendo las capas rojas de *Aspidoceras Acanthicum* en sucesión normal; hacia la cumbre, una falla inversa les hace rebasar el neocomiense en capas horizontales, que vienen á chocar contra un nuevo afloramiento vertical de estas capas rojas; después viene una nueva serie horizontal que, á pesar de la ausencia de fósiles, parece pertenecer al valanginiense⁽¹⁾; sólo podrían confundirse con las capas de Berrias, y si hubiese error en este punto, no implicaría ninguna modificación importante desde el punto de vista tectónico. Esta serie de calizas margosas termina bruscamente contra unas capas verticales blancas, donde he cogido ejemplares de *Pygope janitor*, y contra las cuales tocan por el otro lado calizas rojas, cubiertas por calizas margosas berriacenses. Esta última serie avanza sobre un anticlinal recostado hacia el N. y constituido por el jurásico superior y el berriacense en su sección normal, las capas rojas en el centro y el berriacense al exterior. Después sobreviene un cambio brusco en la pendiente, y las capas, buzando hacia el S., continúan hasta el frente N. de la meseta cuatro ó cinco kilómetros, con marcha más normal, tanto que puede considerarse horizontal en conjunto, abstracción hecha de algunas ondulaciones de detalle; esta última parte la constituye la masa misma trasladada, y presenta enfrente de Cehegin el aspecto antes descrito (figuras 2, 3 y 4).

PARTE OCCIDENTAL.—Los detalles que he observado estudiando la región occidental de la Peña Rubia, no proporcionan nuevos argumentos para la cuestión; además, me ha faltado tiempo para prolongar suficientemente hacia el O. el estudio de esta zona, y

(1) Subtramo inferior del neocomiense.—(N. del T.)

para emprender el de la cordillera situada al NO. de Caravaca.

Marchando hacia Caravaca, las capas buzan, sin duda, momentáneamente hacia el O., y presentan por efecto de esta ondulación una serie estratigráfica más completa, pues se han salvado mejor de los derrubios.

Es uno de los pocos puntos de la región de Cehegin en que he hallado el cretáceo superior.

Sin poder indicar la extensión que hacia el O. alcance la masa trasladada desde la Peña Rubia, tengo indicios para creer que debe prolongarse más allá; pero no puedo aducir ningún hecho preciso para

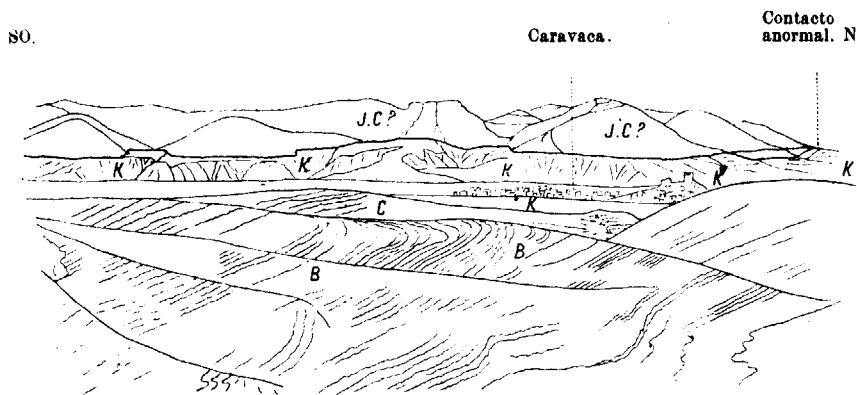


Fig. 7.—Croquis de conjunto del macizo montañoso situado al NO. de Caravaca. (Calcado de una fotografía.)

K, Keuper; J C, Jurásico y Cretáceo; B, capas berriacenses.

una afirmación tocante á este punto. Solamente el aspecto del macizo montañoso situado al NO. de Caravaca (fig. 7), constituido por calizas probablemente jurásicas, descansando sobre el trias, permite creer que presenta analogías de estructura con lo que acabo de describir, y de lo que es probablemente prolongación.

ONDULACIONES TRANSVERSALES.—Hay, sin embargo, algunas ondulaciones transversales. Están lejos de tener la importancia de los pliegues últimamente descritos; pero basta el examen del croquis del frente N. de la Peña Rubia, de cara al camino que va de Cehegin á Caravaca, para indicar que no deben pasarse en silencio: son bastante intensas para presentar dos sobreposiciones de poca importancia, pero,

no obstante, claramente visibles. Estas sobreposiciones son causa de que al E. las capas de Berrias queden rebasadas por el jurásico superior (capas rojas y calizas blancas en ellas apoyadas) (figura 8). Tenemos aquí una cobijadura pequeña con la parte central fuertemente estirada, pero conservada; el segundo pliegue, hacia el centro de la figura, presenta una sobreposición de las capas rojas sobre las calizas de color blanco rosado, que son posteriores; pero estas dos cobijaduras parecen estar localizadas en el borde y no prolongarse considerablemente hacia el S. en la masa de la Peña Rubia; su existencia se debe, probablemente, á una ligera desigualdad en el movimiento de traslación que hubo de ser un poco mayor al E. que al O.

Hechos análogos se encuentran al E. en la provincia de Alicante: es un fenómeno no raro en las regiones donde hay cobijaduras; he tenido ocasión de señalar un ejemplo en la vertiente meridional de la Montagne Noire, cerca de Cazouls-les-Beziers.

RESUMEN.—En resumen, se ve que hay por lo menos tres sobreposiciones ó cobijaduras sucesivas con planos de rotura cada vez más inclinados, y precediendo al macizo que se extiende de la Loma de la Solana á la Peña Rubia, el cual forma por sí solo una traslación de importantes dimensiones. Estos diversos fenómenos, todos ellos orientados en el mismo sentido, E. á O., demuestran que, en general, en la Peña Rubia el empuje se ha efectuado en el

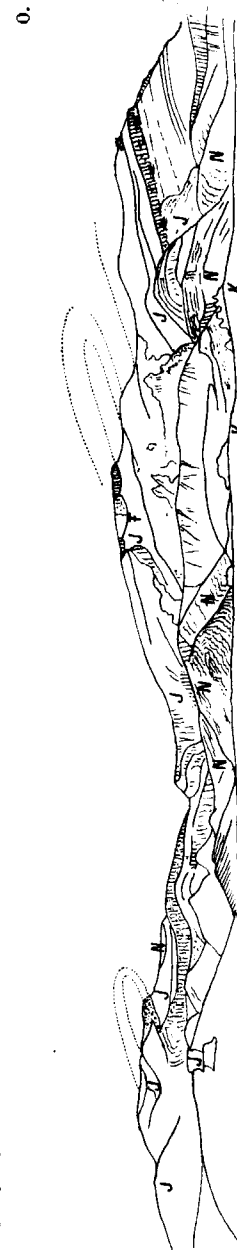


Fig. 8.—Vista del frente septentrional de la Peña Rubia.
N, Neocomiense; J, Jurásico; K, Keuper.

mismo sentido, es decir, del S. al N., ó tal vez con una ligera desviación hacia el N.NO., ó sea normalmente á la dirección de la zona subbética ó de la ladera meridional de la meseta.

Por efecto, sin duda, del movimiento desigual, se han producido algunos accidentes transversales, anticlinales y sinclinales de escasa amplitud, presentando inversión muy acusada hacia el O.

La cobijadura parece formar parte de una masa trasladada, cuya continuación podría encontrarse al NO. de Caravaca, y prolongándose probablemente bastante más lejos hacia el O.

El ejemplo de la Peña Rubia parece demostrar suficientemente la existencia de fenómenos de traslación en la zona subbética. Creo también conveniente señalar aquí los macizos y regiones que por su estructura me parecen referirse á este género de dislocaciones. Los detalles que he de dar son, en verdad, demasiado incompletos para poder muchas veces establecer deducciones ciertas; pero viendo alejarse más cada día la esperanza de completar con nuevos viajes las observaciones que hice desde 1887 á 1895, considero un deber el dar á conocer los documentos que poseo, esperando que puedan ser útiles á los geólogos que sigan estos estudios, y, en particular, á los muy distinguidos que con tanto celo trabajan para el Mapa geológico de España.

Voy, pues, procediendo de O. á E., á indicar los hechos que me parecen de alguna utilidad para el conocimiento de las cobijaduras de la zona subbética.

II.—Cercanías de Mancha Real (provincia de Jaén).

La ciudad de Mancha Real está dominada al S. y al E. por un macizo montañoso bastante importante, que presenta dos cumbres principales: La Magina (2200 metros próximamente), al E., y el Almadén (2000 metros), al O. Este macizo se designa en conjunto con el nombre de Sierra Magina.

La base de la ladera N. está constituida hacia Mancha Real por el cretáceo superior senonense, con *Inoceramus Cripsi*, Mant., formado por calizas blancas; por consiguiente, con la facies que se presenta con tanta frecuencia en la zona subbética. Subiendo la montaña en dirección S., se llega á las capas inferiores del cretáceo, el cenoma-

nense, con *Discoidea cylindrica*. Estas capas son casi horizontales, y parecen apoyarse en el senonense: tal vez haya allí un pliegue sinclinal recostado. En cuanto á las cumbres principales que dominan este conjunto cretáceo, están constituidas por calizas bastante duras con el aspecto de las jurásicas, en las cuales, en las vertientes de la Sierra Magina, á 300 ó 400 metros por bajo de la cumbre, he encontrado *Hildoceras Bifrons*, que pertenece al toarcense (1). Tengo, pues, motivos para creer que los picos del Almadén y de la Magina están constituidos por calizas liásicas y que descansan sobre el cretáceo, ya sea en serie invertida, ya más bien bajo la forma de una cobijadura. Encima y al E. del Corral del Almajar, hacia los 1500 metros de altitud, el jurásico debe, pues, reposar sobre las calizas blancas del cretáceo. El simple aspecto de una de las estribaciones de la Sierra Magina denota ya los pliegues intensos de esta región; las capas atribuidas al liás, horizontales primero, se doblan bruscamente en ángulo agudo y se levantan, adquiriendo una inclinación alrededor de 50°.

De esta región muy complicada es de la que menos detalles tengo. No obstante, creo que debo mencionarla. La interpretación que propongo es todavía muy problemática. Este es, en verdad, entre todos los puntos que menciono, el que más dudas me ofrece.

III.—La Sierra Sagra.

La Sierra Sagra se eleva en su punto culminante á 2400 metros sobre el nivel del mar. Su ingente masa está formada en su parte más alta por terrenos del jurásico inferior. De Verneuil, que los atribuyó al liásico, cita de allí el *Ammonites Tourneri* y una especie próxima al *Amm. Conybeari* (2).

Inmediatamente al E., á una altitud de 800 á 900 metros, en las cercanías del Molino del Batán y de la Ermita, situada á su lado, asoman muy dislocadas, ó por lo menos con una pendiente S. muy

(1) Tramo superior del jurásico inferior (comprendido el liásico).—
(N. del T.)

(2) B. S. G. F., tomo XIV, 1886, pág. 694.

marcada, las hiladas del cretáceo y del eoceno con numulitos. Apenas se recogen fósiles en ellas; sin embargo, las hiladas blancas gredosas del cretáceo, situadas al SO. de la Ermita, deben asimilarse a las capas con *Inoceramus Cripsi*, frecuentes en la zona subbética, y con ese carácter de calizas blancas gredosas al O. de la Sagra (Mancha Real) como al E. De Verneuil cita en ellas varios *Micraster* próximos al *M. brebis* y *O. carinata*.

Esta banda cretácea y terciaria se prolonga al pie de La Sagra, llegando hasta la altitud máxima de 1000 á 1200 metros.

En la vertiente N. al pie de La Sagra, encima de estas capas cre-

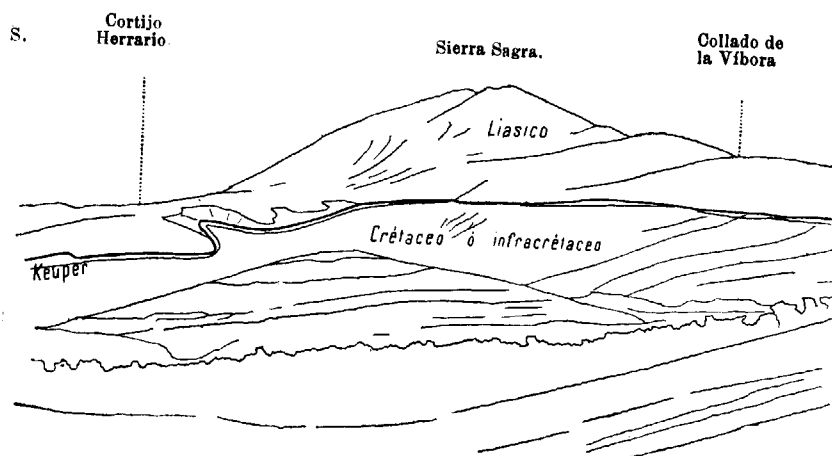


Fig. 9.—Vista de la Sierra Sagra.

táceas ó terciarias, hay, según mis guías, depósitos de yeso en explotación.

También en la vertiente S., al SO. del cortijo Herrario, se encuentra igualmente una cañera de yeso en la Loma del Medio, yeso que corresponde probablemente al terreno triásico en el tramo de las margas irisadas, lo mismo que sucede en toda la región.

Además, cuando se llega al cortijo Herrario desde Puebla de Don Fadrique, después de traspasar el cretáceo, que forma las vertientes del valle regado por el río que mueve el molino del Batán, y se suben las laderas occidentales de este valle, se encuentran, á una altitud superior á la del cretáceo, afloramientos de margas irisadas, correspondientes al keuper, viniendo encima el liásico. Hay allí evidente-

mente un contacto anormal, á mi modo de ver explicable por una cobijadura que constituiría la gran masa de La Sagra.

La figura 9 señala el aspecto y la colocación de estos horizontes geognósticos en la parte SE. del macizo de La Sagra: la línea de contacto anormal, cuya existencia no sospechaba y en la cual, por tanto, no me fijé en aquel momento, si existe realmente, como lo creo, debe pasar al pie de la escarpa, al O. del río, retroceder hacia el O., al NE. del cortijo Herrario, y dirigirse desde allí hacia el NE. por debajo del collado de la Víbora y por encima del molino del Batán, y volver después al O. hacia la base de la ladera N. de La Sagra.

El croquis adjunto (fig. 10), calcado sobre una fotografía, como todos los de esta *Nota*, muestra aproximadamente el paso de la línea de contacto anormal; las capas inferiores cretáceas ó eocenas buzan

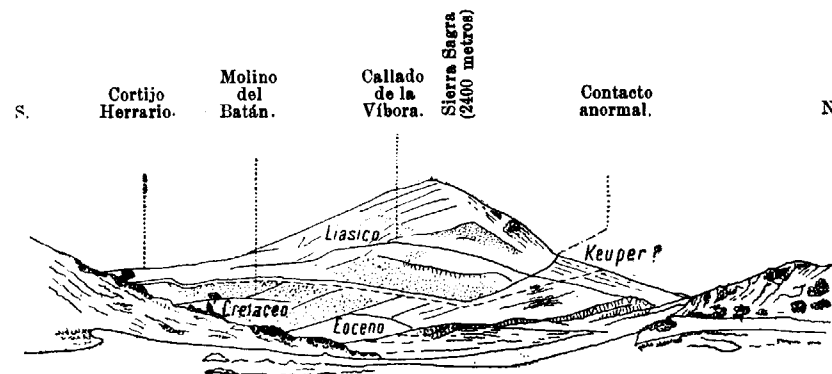


Fig. 10.—Croquis tomado al E. de la Sierra Sagra. (De fotografía.)

al S., como el liásico, por debajo de éste, y están separadas de él por una parte del keuper. Únicamente la continuidad de esta masa keuperiana es problemática y habría que comprobarla.

El trozo sobrepuesto hubo de caminar de S. á N., pasando por encima de pisos muy posteriores: cretáceo y numulítico; al S. se ve el desarrollo, á una altitud muy inferior á la del macizo de La Sagra (cortijo Girón, cortijo Monja), el liásico y el bajociense fosilíferos, y después, al S., y sobre todo al SE., los pisos del jurásico superior quedan cubiertos por el neocomiense y el barremiense (1); y

(1) El tramo barremiense, según la nueva nomenclatura de Munier Chalmas y Lapparent, se considera como independiente del neocomiense é intermedio entre éste y el aptense.—(N. del T.)

por calizas dolomíticas, que parecen corresponder al albense y al cenomanense.

Las fallas y pliegues frecuentes en esta vertiente S. de La Sagra, están orientados de E. á O., es decir, perpendicularmente al sentido del avance de la cobijadura.

La estructura geológica de la Sierra Sagra podría, pues, resumirse así: un espeso macizo sobrepuesto, constituido por el liás, descansando sobre las calizas plegadas del cretáceo y del eoceno y separado por un lecho delgado del keuper.

Esto constituiría probablemente la prolongación lateral hacia el O. de los fenómenos de encobijado de la Peña Rubia.

IV.—Sierra María.

Al S. de Huéscar se extiende el estrecho bético, ocupado por el mioceno, hasta el pie septentrional de la Sierra María. Esta región es del mayor interés desde el punto de vista estratigráfico, puesto que su estudio permitiría determinar el momento preciso en que se cerró el estrecho bético y las circunstancias que precedieron á este cierre; pero aquella extensa superficie miocena tiene el inconveniente de ocultar la disposición de los pliegues que afectaron á los terrenos más antiguos. La Sierra María, bastante distante, á 25 ó 30 kilómetros, está situada en el borde meridional de la zona subbética y limitada al S. por la Sierra de las Estancias, prolongación de la Nevada.

La Sierra María está, no obstante, fuertemente plegada, y entre sus pliegues hay uno bastante interesante para que paremos sobre él un momento nuestra atención. Se trata de un sinclinal orientado E. á O., ligera, pero perceptiblemente, recostado hacia el N.; es principalmente determinable en la Hoya del Bancal, entre la Casa Blanca y Chirivel. Este sinclinal, constituido por el neocomiense, está encerrado por ambos lados entre capas jurásicas. A seis ó siete kilómetros al S. pueden observarse accidentes del mismo género en el trias, en forma de pliegues pequeños recostados hacia el N., con un centenar de metros de amplitud. Entre Vélez-Rubio y Vélez-Blanco las acciones dinámicas han debido ser más intensas.

El Maimón, constituido por calizas probablemente jurásicas, pa-

rece descansar por el canto de sus capas sobre las margas del trias: se trata aquí de un macizo de 1100 metros de altura. Entre Vélez-Blanco y María, el jurásico, y probablemente también el liásico, están estrujados y destrozados en sumo grado: se comprendió que hubo allí intensas acciones dinámicas. ¿Hubo pliegues con cobijaduras en esta región? Es posible; pero he corrido poco la Sierra María para que pueda tener seguridad en ello. La orientación E. á O. de los pliegues se encuentra también en el eoceno y en el primario, cerca de Vélez-Rubio (camino de la fuente del Gato).

No he explorado bastante la Sierra María para resumir su estructura; pero queda para mí fuera de duda que la dirección de sus pliegues es realmente de E. á O. con buzamiento hacia el N.

V.—Provincia de Murcia.

Al E. de La Sagra se encuentra la comarca de Caravaca y de Cehegin, y en particular el macizo de la Peña Rubia, antes descrito. Si se continúa hacia el E., se ven frecuentemente, según De Verneuil, isleos pertenecientes ya al jurásico, ya á los diversos pisos del cretáceo, apoyados siempre ó casi siempre en las margas irisadas yesíferas del trias. Es probable que la mayor parte de ellos estén constituidos, como la Peña Rubia, por restos de cobijaduras; pero no puedo afirmar nada concretamente por no haber recorrido bastante la comarca. El único punto acerca del cual poseo algunos datos, es el Puerto de la Mala Mujer, sito al N. de Cieza, en la Sierra de las Cabras, donde aparece una inversión muy clara hacia el N.; las calizas blancas gredosas del senonense buzan por debajo de las dolomias y de varias hiladas sin fósiles, pero que presentan analogías con los pisos anteriores al senonense y posteriores al albense de la provincia de Alicante (fig. 11). Este senonense está limitado al N. por areniscas blancas manchadas de rojo, á trechos ferruginosas, y en las que se encuentran algunas huellas de plantas indeterminables. Estas capas están muy dislocadas; pero parecen buzar bajo el senonense, del cual están separadas por bancos de conglomerados, al O. del Puerto de la Mala Mujer. Un poco más al N. estos bancos quedan horizontales; pero en las capas que los cubren no he hallado las calizas blancas gredosas del senonense.

Estas areniscas micáceas con vestigios de plantas, acompañadas de

margas irisadas y de bancos ferruginosos, recuerdan la descripción que dieron los Sres. Bertrand y Kilian de ciertas capas eocenas de Andalucía; los manantiales salobres que en ellas brotan completan la analogía: creo deber referirlas al eoceno. Habría, pues, aquí un pliegue de bastante amplitud recostado hacia el N. y que se arraigaría en la sierra de las Cabras, alrededor del Puerto de la Mala Mujer. He permanecido poco tiempo en la comarca para asegurarlo; lo único que puedo añadir es que la sierra de las Cabras presenta la estructura dicha en varios kilómetros.

Tampoco he explorado la zona intermedia entre Cieza y la provincia de Alicante; pero en ésta he podido observar algunos hechos que me parecen dignos de atención.

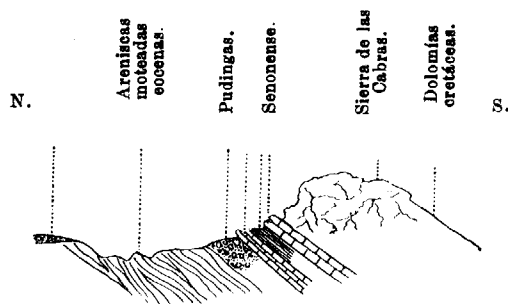


Fig. 44.—De la Sierra de las Cabras al puerto de la Mala Mujer, cerca de Cieza.

Escala aproximada, 4 : 45000; alturas duplicadas.

Al S., entre Murcia y Alicante, la sierra jurásica de Crevillente, aunque conserva orientación aproximada de E. á O., no señala ningún indicio de traslación. En Monóvar los estratos están mucho más dislocados, y entre esta localidad y el Pinoso es muy probable que se encuentren los contactos anormales que son tan frecuentes en la provincia de Alicante.

VI.—Parte oriental de la provincia de Alicante.

En toda la parte oriental de la provincia de Alicante próxima al mar y designada en el país con el nombre de La Marina, volvemos á encontrar seguramente restos de cobijaduras, pero trastornados en

extremo, y además aislados los unos de los otros por los derrubios, muy grandes en ciertos puntos. No he encontrado aquí ninguna sobreposición invertida que aparezca de manera tan franca é imponente como en la Peña Rubia; pero en la comarca de Callosa de Eusarriá se encuentran á cada instante retazos aislados, descansando todos sobre las margas irisadas yesíferas del trias, y teniendo por base, los unos el eoceno medio (1), los otros el senonense; otros, en la región de Alfaz, tienen por base el cenomanense ó el gault, todos á cortas distancias unos de otros, y en estos últimos, que se hallan muy dislocados, las calizas están como arrugadas y fracturadas; las partes margosas intercaladas en ellas están plegadas en todos sentidos. No obstante, en casi todos estos retazos la orientación general de los pliegues, prescindiendo de detalles secundarios, es sensiblemente de E. á O.; á este hecho general se añaden algunos raros pliegues transversales dirigidos próximamente de N. á S. De Verneuil insiste también sobre el carácter extremadamente dislocado de estas capas, y dice que la posición de las numulíticas en ciertos lugares, entre Peña Aguila y Altea, recuerda la de los terrenos más revueltos de los Alpes. Esta es precisamente la región acerca de la cual voy á dar algunos cortes que renuncié á publicar en mi tesis, no habiendo podido hallar entonces interpretación para explicarlos satisfactoriamente.

CERCANÍAS DE CALLOSA DE ENSARRIÁ.—Callosa de Eusarriá, á ocho kilómetros de la bahía de Altea, está edificada en gran parte sobre el eoceno medio que se apoya horizontal ó casi horizontalmente sobre las margas irisadas del keuper.

Al O., al otro lado del río Guadalest, se levantan el collado Culatchar y la Peña del Contador. De Verneuil los señaló como pertenecientes al numulítico (*B. S. G. F.*, 1852, pág. 35). Entre las grandes escarpas y el río Guadalest, las pendientes accesibles están

(1). En algunos sitios son casi *klippes*; mas por lo general son demasiado grandes para que pueda aplicársele este nombre (a). Los Sres. Marcel Bertrand y Kilian han descrito fenómenos análogos en Andalucía en la sierra de Abdalajis. (*Mission de Andalousie*, pág. 423.)—(*N. del A.*)

(a) Neumayr dió el nombre de *klippe* á ciertas rocas aisladas que aparecen en los Carpates sobre terrenos completamente distintos de ellas y que forman á modo de acantilados. Es un fenómeno análogo al de los *cantos exóticos* de los Alpes, á que antes hemos aludido. Se ha supuesto que los *klippes* proceden de rocas duras que en los pliegues apilados horizontalmente fueron envueltas entre otras rocas más delesnables, las cuales después desaparecieron á consecuencia de derrubios.—(*N. del T.*)

constituidas por el eoceno medio y el cretáceo superior sumamente trastornados; más abajo el eoceno aflora casi seguido, y vienen por debajo del mismo las capas irisadas del trias, cerca del río Guadalest.

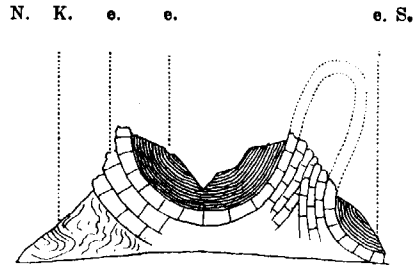


Fig. 12. —Corte entre Callosa de Ensarriá y Chirlés.

K, Keuper; e, Eoceno medio.

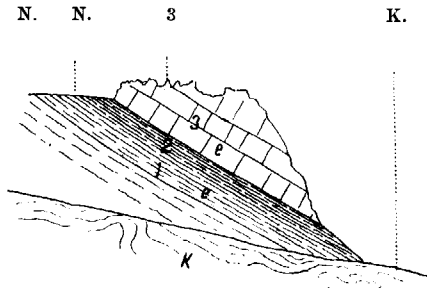


Fig. 13. —Corte sobre el camino de Callosa de Ensarriá á Farines.

Mis observaciones se fijaron, sobre todo, en las pendientes accesibles, donde se encuentran los yacimientos de Farines y de Guadalest, tan ricos en equinidos del eoceno medio. Allí presencié tales

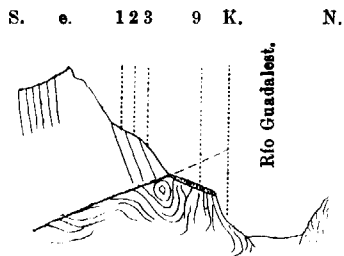


Fig. 14. —Corte por cerca de Farines.

K, Keuper; e, Eoceno medio; 1, margas con *Nummulites complanata*; 2, margas con *Conoclypeus Vilanovæ*; 3, capas margosas con *Ditremaster nux*.

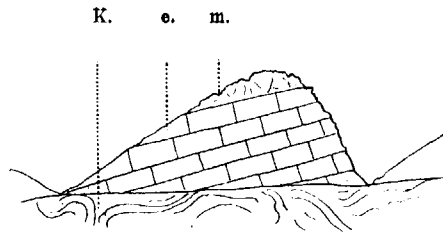


Fig. 15. —Corte tomado en los alrededores de Farines.

m, Maestrichtiense.

fenómenos de dislocación, que en ningún caso pueda atribuirse á resbalamientos sobre las pendientes.

Así, según indican las figuras 12, 13 y 14, se pueden observar

trozos ondulados, ya inclinados, ya levantados hasta la vertical, constituidos por el eoceno medio y apoyados las más veces horizontalmente sobre el trias; mas otras veces se ven zonas invertidas, como en Farines, por ejemplo, donde la creta con *Ananchytes tenuituberculatus*, Leym., cubre las calizas con numulitos del eoceno medio (figura 15); y en otras ocasiones las calizas blancas del cretáceo afloran en el trias, cesan bruscamente, y á corta distancia (fig. 16) aparecen, buzando en sentidos inversos sobre el mismo trias, las calizas negro-azuladas idénticas á las de la Peña de Aguiet. Estas calizas las atribuí al trias, porque se encuentran frecuentemente encerradas entre las margas irisadas, pero podrán, tal vez, pertenecer á algún otro sistema.

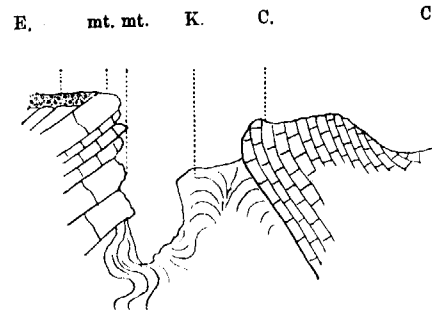


Fig. 16. —Corte tomado al E. de Callosa de Ensarriá.

mt, mármol negro triásico (?); c, Cretáceo.

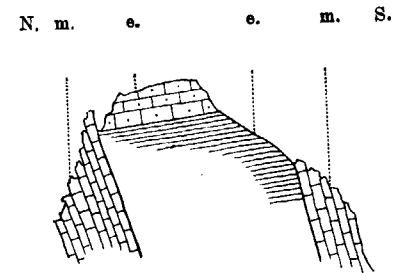


Fig. 17. —Corte en Albaterra.

Hay también casos en que aparece (fig. 17) un retazo eoceno horizontal comprendido entre dos muros verticales del maestrichtiense con *Hemipneustes Africanus* y *Ananchytes semi-globosus*, lo que recuerda uno de los detalles de la Peña Rubia cerca del río Quipar (véase más arriba). Por fin, el eoceno aparece en determinado sitio buzando por bajo de las margas irisadas (sierra de Bernia); pero tal vez no sea esto, sino una apariencia local que no continúe en profundidad.

CERCANÍAS DE ALFAZ.—Dirigiéndonos al S. hasta siete ú ocho kilómetros en línea recta entre Altea y Alfaz. En los muchos barrancos ahondados en los derrubios superficiales y alrededor de algunas colinas que entre éstos asoman, encontraremos nuevos documentos. El primero de ellos es la sierra Almijara, al N. de Alfaz (fig. 18).

Está constituida por calizas miocenas apoyadas en transgresión, sobre el eoceno al S., sobre el cretáceo al N., y además sobre el triás; las capas están horizontales y no han sufrido, como el substrato, pliegues violentos, según era de prever. Es el único punto en que el mioceno nos oculta la zona plegada que estudiamos.

Un poco más al S. una serie de retazos cuyo frente descansa en el triás, se extiende desde Altea hasta el N. de Benidorm. Los cortes sucesivos (figs. 19, 20 y 21) indican la disposición de las capas, buzando casi siempre al S., por lo menos desde Altea hasta el N. de Alfaz. En Tosal de Rotes no se ve más que el eoceno medio; este retacillo está separado de Foyes Blancas por un vallejo del keuper, y el macizo de Foyes Blancas está constituido por el cretáceo superior, buzando hacia el S.

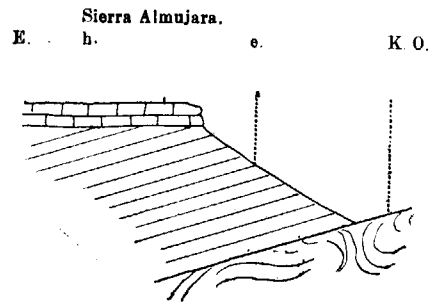


Fig. 18.—Sierra Almijara.

K, Keuper; e, Eoceno; h, Helveciense.

gault. La complicación de los pliegues de detalle aumenta todavía al O. de Alfaz; las capas al N. de este pueblo están revueltas en todos sentidos y atravesando los barrancos, en cuyas laderas se las observa fácilmente, como en el barranco Hondo, por ejemplo, asomando más arriba, según se sube á la montaña, las margas irisadas del triásico muy desarrolladas y separando así, por una faja continua del triás, la elevada masa numulítica del Puig Campana (1100 metros), de las calizas infracretáceas, cretáceas y eocenas, que apenas se levantan á 200 ó 250 metros sobre el nivel del mar.

Es dudoso si esta faja inferior, que se extiende de Altea á Benidorm, es un retazo inferior sobre el cual ha pasado la gran masa del Puig Campana antes de ocupar su actual situación, viniendo así á formar una gran cobijadura. Sin duda, sería necesario un nuevo

examen sobre el terreno para deducirlo con seguridad; pero lo que me sugiere la convicción de que se confirmaría la idea que emito, es, además de la diferencia de altitud, la profunda diversidad en el estado de plegadura y estrujamiento de las capas.

En el retazo superior los pliegues ofrecen una disposición más

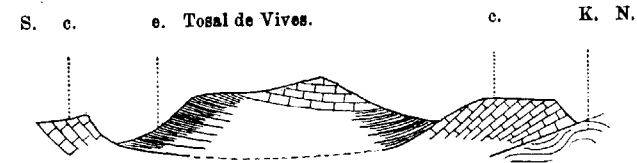


Fig. 19.—Tosal de Vives.

K, Keuper; c, Senonense; e, Eoceno medio.

amplia; las capas están frecuentemente horizontales y parecen á veces en su situación estratigráfica natural: al contrario, en el retazo inferior todo está comprimido y aplastado; los pliegues en las rocas menos plásticas son de amplitud pequeña; las acciones dinámicas parecen haber tenido allí intensidad incomparablemente mayor que

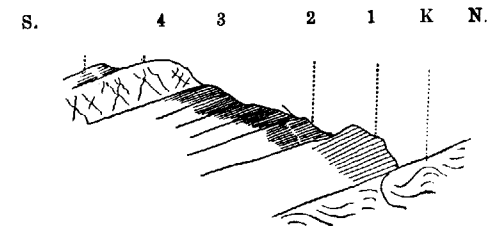


Fig. 20.—Tosal de Rotes.

K, Keuper; e, Eoceno medio; 4, Margas gris-verdosas; 2, Margas nodulosas con *Echinolampas silensis*; 3, Margas; 4, Calizas dolomíticas con venas de espato calizo.

en las regiones altas. Lo que contribuye á fortalecer aún más mi convicción es el hecho de haber encontrado en Francia, en la comarca de Clermont l'Herault, análogas diferencias, reproduciéndose rasgo á rasgo, cuando se compara la zona superior con la que está debajo y ha soportado su peso. Esta, siempre más dislocada, más estrujada

en los detalles; aquélla, regular, de marcha tranquila, presentando ondulaciones amplias y pocos trastornos locales; aquellas dos zonas están separadas por un resto del keuper, que aquí parece mucho mayor; pero ¿podría fundarse una objeción en esta diferencia, si se tiene en cuenta el conjunto, incontestablemente más grandioso, de los fenómenos ocurridos en la provincia de Alicante?

Lo repito: antes de deducir con certidumbre, sería útil observar de nuevo la región; pero entre mis documentos y recuerdos no hay ninguno que venga a contradecir mi convicción. Tal vez esta hipótesis parezca temeraria, pues sin duda, como siempre que se trata de bancos sobrepuestos muy dislocados, se puede intentar el explicar por fallas y diaclasas múltiples los contornos poligonales de los isleos, y yo mismo he procurado hacerlo durante mucho tiempo, pero siempre en vano. A la verdad, son fracturas procedentes del aplas-

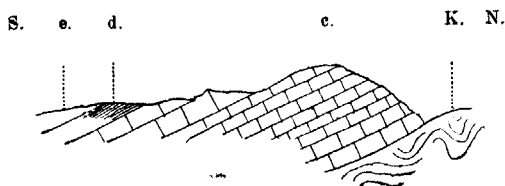


Fig. 21.—Foyes Blancas cerca de Alfaz.

K, Keuper; c, Senonense; d, Danés; e, Eoceno medio.

tamiento del manto inferior las que han determinado la forma de los isleos; bajo la enorme presión que soportaban, cuando el manto de la cobijadura pasó sobre la hilada continua que formaban los bancos roqueños, se originaron múltiples fracturas, fallas y diaclasas; ciertas partes se hundieron más y así tienen su base sumergida en el keuper; éste, muy plástico, penetró en las quebras producidas; después los derrubios se han llevado las partes superiores, dejando como testigos una serie de masas poligonales que estaban antes más hundidas, y cuya base parecería apoyada en el triás si el derrubio hubiera avanzado más.

Y esta misma hilada sufrió probablemente una traslación, pues presenta también inconstancia en el contacto de su base con el triás.

Por otra parte, sería ilusorio buscar en movimientos de las costas la causa de estas circunstancias, no teniendo ninguno ó casi ninguno

de los depósitos los caracteres de una sedimentación litoral. La inconstancia del contacto parece explicarse mucho más fácilmente por la corrosión progresiva y desigual de la cara inferior del manto durante el derrubio general.

Todos los islotes, que estuvieron reunidos entre sí, han debido, pues, formar parte de varios mantos, que verosimilmente fueron transportados hacia el N. y que se extienden por lo menos desde la sierra de Bernia á Benidorm, y tal vez más lejos, pues su límite occidental queda por fijar, y hasta puede acontecer que estudios ulteriores demuestren su enlace con los fenómenos análogos de la provincia de Murcia.

Todos los accidentes de alguna importancia indican un plegamiento orientado de E. á O. ó de O.SO. á E.NE. El sentido de la trasla-

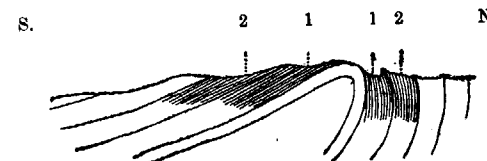


Fig. 22.—Pliegue al SE. de Guadalest.

1, Margas con *Amblypygus dilatatus* y con *Conoclipeus Vilanovæ*; 2, Margas con *Ditremaster nux* *Prenaster alpinus*. (Eoceno medio.)

ción hubo de ser de S. á N. con ligera desviación al O., como era presumible.

Todas las capas mencionadas muestran la misma orientación, y aún puede agregarse el pliegue de Guadalest (fig. 22) y el pliegueciello recostado del barranco de Ronda, accidente de detalle que he representado en una de las láminas de mi tesis y que marca también una dirección sensiblemente de E.-O., ó más exactamente al N. 80° O. Su desviación de sólo 8 ó 10 metros hacia el S., no se opone á la idea de la traslación general de S. á N.

Muchos problemas quedan, no obstante, todavía por resolver. He dicho que las calizas eocenas de la sierra de Bernia parecían buzar al O. por debajo del triás: si esto fuese cierto, la sierra formaría el lado inferior de una inmensa cobijadura, cuya parte superior sería el manto de Alfaz, antes estudiado; pero es posible que no sea así y que la sierra de Bernia, después de haber buzado momentáneamente por bajo del triás en los afloramientos, se apoye en se-

guida sobre el mismo por su canto, como ciertos isleos, el de Farines por ejemplo (fig. 14), y, por tanto, que, antes de los derrubios que han puesto á descubierto el trias, empalmase directamente con la capa de Alfaz.

La región de Finestrat, difícilmente accesible en la época de mis viajes por esta parte de España, proporcionará tal vez mejores argumentos, si bien las capas, levantadas hasta la vertical en la ladera O. del Puig Campana, parecen poco á propósito para señalar cortes concluyentes.

Puede preguntarse también á qué mantos se refiere el macizo aptense de la sierra Helada. Este serrijón forma sobre el mar una gran escarpa; su punto culminante alcanza cerca de 500 metros de altitud; el espesor de las capas neocomienses y aptenses es de más de 250 metros; á algunos kilómetros al N., cerca de Alfaz, no se encuentra (barranco de Soler) más que un testigo del aptense con *orbitolinas*, que no tiene más de unos 10 metros de espesor y la masa está sumamente trastornada.

En la sierra Helada, por el contrario, las capas buzan al NE. con regularidad notable y no están plegadas y estrujadas como en Alfaz. ¿No tendríamos aquí una prolongación de la cobijadura en lo más alto, pero rebajada posteriormente? No hay que olvidar que el Mediterráneo se extiende al S. y que Suess considera justificadamente esta parte de aquel mar como una superficie hundida. Pero en este caso el keuper debería asomar en la depresión lineal que se extiende desde el lugar de la antigua ciudad romana de Albir (Albatera) á Benidorm, por donde va la carretera de Alicante á Altea. En ninguna parte de esta depresión recuerdo haber visto asomar los terrenos subyacentes; pero debo declarar que entonces no me daba cuenta de la importancia que hubiera tenido su hallazgo: sólo conservo el recuerdo de derrubios superficiales, no obstante la uniformidad; la ausencia de ondulaciones hace sumamente verosímil la hipótesis de la existencia del keuper en esta zona, aunque quede todavía por comprobar la existencia.

Si así fuese, la sierra Helada se apoyaría sobre el keuper y formaría parte del manto superior. Pero también aquí sería necesario un examen del terreno.

Únicamente la ejecución de un mapa detallado en gran escala, podría permitir deducciones ciertas acerca de la naturaleza é importancia de las dislocaciones que han afectado á esta región. Por mi

parte, tengo la convicción de que ha de confirmarse la existencia de fenómenos de sobreposición que me pasaron inadvertidos en 1887 y 1888, es decir, en la época en que los fenómenos de cobijaduras, entonces poco conocidos, iban á ser en la Provenza objeto de los clásicos trabajos de Marcel Bertrand.

ACCIDENTES TRANSVERSALES. — Así como el plegamiento general E.-O. de la zona subbética es á veces difícil de observar, sobre todo cuando va acompañado de movimientos tangenciales de alguna amplitud, por el contrario, los accidentes transversales en pliegues más cortos son fáciles de ver y comprender á la primera ojeada. Estos últimos son bastante frecuentes y están orientados generalmente de N. á S., ó más bien de S.SE. á N.NO. Aunque su importancia sea secundaria, he creído útil señalar los principales ejemplos que de ellos he encontrado.

No haré más que mencionar el pliegue que ha dado origen á la sierra de Foncalent, cerca de Alicante. He dado su descripción detallada en mi tesis: el pliegue se ha acentuado hasta el punto de provocar una inversión hacia el E. de proporciones restringidas, á distancia de 500 ó 400 metros del collado de La Serreta Negra: es el ejemplo más claro que he hallado entre los pliegues transversales. Al E. de Alicante conviene también señalar el anticlinal de Busot, dirigido sensiblemente de N. á S.; más al O. el anticlinal senonense de Orcheta, presentando una ligera inversión hacia el O., y no ya hacia el E. como los precedentes. Entre estos dos anticlinales hay una bóveda anticlinal que, derrubida en su clave, deja un circo notable para el estudio del cenomanense: el Recó de Cortes. Entre Orcheta y Villajoyosa, muchos anticlinales pequeños deben comprenderse igualmente en este plegamiento, por la orientación N.-S. de su charnela. Estos casos deben prolongarse ó reaparecer con bastante frecuencia en la región septentrional de la provincia de Alicante y en la de Valencia: buen ejemplo es el del valle anticlinal del pantano de Onteniente, que sigue presentando la orientación aproximadamente N.-S.

Debe de haber, pues, por lo general en la zona subbética dos direcciones de plegamientos casi perpendiculares entre sí, y presentando, por consiguiente, cierta analogía con la red octogonal que el Sr. Marcel Bertrand ha señalado en Francia. La segunda dirección N.-S. habrá de presentarse más frecuentemente al E., más allá del extremo oriental de la meseta; lo que parece racional, pues estos plie-

gues encontrarían un obstáculo menos á su desarrollo en longitud.

Las dichas dos direcciones de plegamientos se encuentran en diversos puntos en los terrenos primarios.

La primera dirección (E.-O.) afecta á estos terrenos en la región de Vélez-Rubio; la segunda no me ha suministrado en los terrenos primarios más que un ejemplo en Callosa de Segura (provincia de Alicante), entre Alicante y Murcia. La montaña que domina á la es-



Fig. 23.—Rizadura N.-S. de la Sierra de Callosa de Segura.
(Terrenos primarios.)

tación del ferrocarril está constituida por un anticlinal de vertientes paralelas recostado hacia el E., en donde el plano central está dirigido sensiblemente de S. á N.; no he podido, á falta de fósiles determinables, reconocer exactamente su edad; pero pertenece seguramente al terreno primario: la figura 25 indica su aspecto.

RESUMEN

Los hechos que preceden demuestran que, cualquiera que sea la región que se explore en la zona subbética, se observa que desde Jaén hasta el Cabo de la Nao las capas están fuertemente plegadas; que estos pliegues están las más veces dirigidos de O.SO. á E.NE., y que cuando tienen esta dirección su amplitud es mayor que la de los pliegues transversales. Raras veces presentan orientación perpendicular ó casi perpendicular á la precedente: entonces los pliegues, con mayor frecuencia muy bruscos y señalados, tienen amplitud mucho menor.

Estas dos direcciones de plegamiento no son especiales en los terrenos secundarios y eocenos; se encuentran también en los afloramientos primarios, relacionados con el eje antiguo de la cordillera bética.

Para los terrenos secundarios y eocenos, el primer plegamiento da lugar en ciertos puntos á importantes cobijaduras que deben pertenecer á uno ó varios mantos trasladados desde grandes distancias.

Si, como es mi convicción, observaciones ulteriores vienen á confirmar las interpretaciones que he propuesto para la sierra Magina, la de la Sagra y la región de Callosa de Ensarriá, habrán existido fenómenos de cobijadura en una región que de O. á E. se extiende desde Jaén por lo menos hasta Altea. Se encontrarían sus vestigios en la sierra Magina, tal vez en las sierras del Pozo y de Cazorla, en la Sagra, entre la Sagra y Caravaca, muy probablemente al N. de Caravaca, y con seguridad entre Caravaca y Cehegín (Peña Rubia). Las indicaciones que De Verneuil hace acerca de la comarca de Yecla, inducen á pensar que continúan allí dichos vestigios, y que desde allí alcanzan á Callosa de Ensarriá, pasando entre Alicante y Alcoy.

Las circunstancias no me permitieron reconocer el límite al S.; sin embargo, algunos puntos que estudié (sierra María, sierra de Crevillente) parecen indicar otra cobijadura, pero con pliegues más cortos que en la región de que acabo de hablar. Al N. de esta zona hasta la meseta es de esperar que se encuentren encobijamientos con igual ó acaso mayor amplitud. El aspecto del grupo montañoso al N. de Caravaca permite presentirlo. Si así fuese, tendríamos ejemplo muy notable de una zona plegada, extendiéndose por lo menos en longitud de 350 kilómetros con 100 kilómetros de ancho, y cuya mitad, cuando menos, presentaría señales de una gran cobijadura dirigida de S. á N.

DATOS GEOLÓGICO-MINEROS

RELATIVOS Á LA

CUENCA CARBONÍFERA DE GUARDO (PALENCIA)

En el tomo XVIII de este BOLETÍN, correspondiente al año 1891, se insertó un trabajo de D. Lucas Mallada ⁽¹⁾, donde se describe detenida y magistralmente la geología de la cuenca carbonífera de Guardo, en la provincia de Palencia, y se consignan cuantas noticias existían entonces relativas á la minería de la referida cuenca. El mismo reputado geólogo indica, sin embargo, al comenzar su estudio, que á pesar de que tal cuenca tuvo una época de antigua explotación, quedó después largos años en deplorable abandono, y, por consecuencia, los datos escaseaban mucho al tiempo de su informe. «Una parte de ella (la cuenca), dice, fué imperfectamente explotada años atrás, pero abandonados los trabajos hace demasiado tiempo, los pozos y galerías se hallan hoy en completa ruína, después de haberse borrado los afloramientos que antiguamente ofrecían las capas de carbón. Otras varias de éstas, sin exploraciones ni calicatas, asoman separadas en cortos espacios, siguiendo oculta su continuación entre la apretada maleza del monte que cubre más de las cuatro quintas partes del terreno. Aumenta la dificultad para el estudio y descripción de la cuenca la carencia de un plano general de conjunto, y la imposibilidad de levantar el que, para ser aceptable, exigiría algunos meses de trabajo por poco detallado que fuese, y por esto he reunido en un croquis general los planos parciales de diversas procedencias, de que dispuse, introduciendo algunas enmiendas por cuenta propia.»

(1) *Notas para el estudio de la cuenca hullera de Valderrueda (León) y de Guardo (Palencia)*, págs. 467 á 496.

En estos últimos años se han hecho diversos reconocimientos mineros y se ha emprendido la explotación de algunas minas en la cuenca de que se trata; varias Compañías han establecido en ellas instalaciones importantes; nuevos planos de demarcación y deslinde dan idea suficiente de la extensión y situación relativa de las concesiones, y repetidos ensayos de los carbones hechos en laboratorios y centros industriales, sirven para determinar la naturaleza y aplicaciones de las hornagueras de esta región palentina.

No hace mucho tiempo se me ofreció ocasión de examinar con algún detenimiento las minas situadas en la zona oriental de la cuenca, desde Santibáñez hasta Cervera del Río Pisuerga; y como resultado de mis observaciones, me propongo consignar en el presente trabajo algunos datos que juzgo de interés, contribuyendo así al estudio importantísimo de las cuencas carboníferas españolas.

RESEÑA GEOLÓGICA

En la parte septentrional de la provincia de Palencia se presenta una estrecha faja del terreno carbonífero superior ó hullero que, desde el término de Valderrueda, de la provincia de León, donde alcanza hasta 10 kilómetros de anchura, penetra en la región palentina, estrechándose progresivamente desde Guardo hasta Cervera del Río Pisuerga, donde desaparece por debajo de otros terrenos más modernos.

Recorre esta faja, desde Guardo hasta Cervera, unos 30 kilómetros, y si bien tiene forma sinuosa, su dirección en conjunto es al E.; en Guardo se ha reducido ya su ancho á tres kilómetros; apenas llega á dos en Villanueva de la Muñeca; en Villaverde disminuye hasta 1100 metros; en Traspaña tiene sólo 800, y en su última parte, desde Cantoral á Cervera, no pasa de 300 metros su amplitud media. Las rocas que componen casi exclusivamente el terreno hullero de esta faja, son las pizarras arcillosas, más ó menos deleznable y carbonosas en el contacto con las capas de carbón, y las areniscas, casi siempre pizarreñas y frecuentemente con vegetales fósiles, junto al combustible mineral.

El terreno hullero se halla limitado al N., en el espacio comprendido desde Santibáñez hasta Cubillo, por calizas y cuarcitas de la base del carbonífero que forman elevadas montañas, y desde un punto

comprendido entre Cubillo y Cantoral, hasta cerca de Cervera, por el terreno diluvial. Preséntase, además, por la parte N. de Villanueva de la Peña, una mancha de conglomerados compactos de elementos calizos, dispuestos en capas horizontales que descansan sobre el hullero, y que por su aspecto se asemejan á los conglomerados terciarios.

Los depósitos cretáceos constituyen dos horizontes formados por rocas de naturaleza diferente: en el inferior predominan las arenas de cuarzo envueltas en una masa caolinica, á las que acompañan algunos lechos de arcillas y de arenisca, y en la base se presenta un almendrán muy duro de elementos rodados de cuarzo de regular tamaño, cimentado por una pasta silicea. Sobre este conjunto de rocas detríticas se apoya otro de calizas y margas que, por los fósiles que contienen, deben corresponder al tramo turonense.

El terreno diluvial está formado por aglomerados más ó menos consistentes de cantos rodados de cuarzo y de cuarcitas, envueltos en tierras arcillo-sabulosas.

En la lámina 2.^a damos un mapa geológico-minero de la región

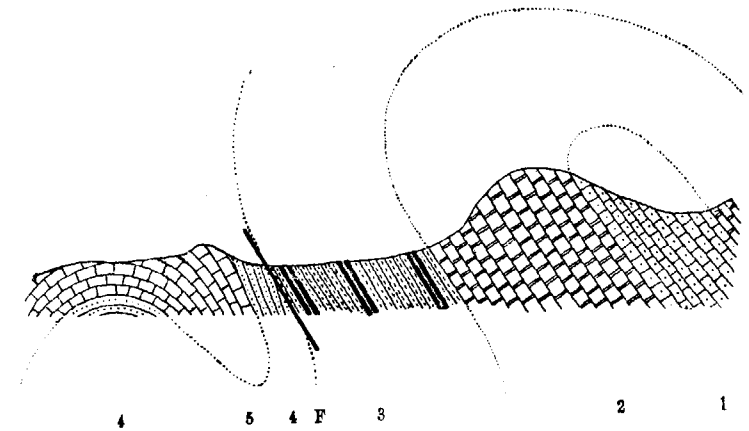


Fig. 24.

1, Devoniano; 2, Caliza carbonífera; 3, Hullero; 4, Arenas y areniscas cretáceas; 5, Calizas y margas cretáceas; F, Falla.

que nos ocupa, donde van señalados los límites de las diferentes formaciones geológicas.

La cuenca carbonífera de que se trata corresponde al borde de una región montañosa donde la acción geodinámica se manifiesta ostensiblemente: preséntanse allí las capas de los terrenos primarios

y secundarios con múltiples dislocaciones y cambios diversos de dirección y buzamiento. En términos generales, puede decirse que las inclinaciones predominantes son las septentrionales, y que, en general y en conjunto, aparecen los terrenos invertidos, es decir, que los más modernos parecen infrayacentes á los más antiguos, y que á consecuencia de pliegues múltiples deben asomar en la superficie las mismas capas repetidas veces.

Esta disposición estratigráfica no es peculiar de la cuenca de que estoy tratando, pues se observa igualmente en otros muchos puntos de la cordillera cantábrica, y se explica satisfactoriamente suponiendo la existencia de cobijaduras tal como se representan en la figura de la página anterior.

En la región más oriental de la faja hullera preséntanse los estratos con buzamiento al S. y formando pliegues, de suerte que en esta parte no parece observarse la inversión general de que se ha hablado anteriormente, y ya en el extremo de la faja cerca de Cervera se manifiestan las capas plegadas y retorcidas de mil maneras diferentes.

Los pliegues de los estratos hulleros se acusan también según la dirección, resultando sus afloramientos con forma ondulada ó sinuosa muy pronunciadas algunas veces.

Diversas fallas transversales cortan los estratos carboníferos interrumpiendo la continuidad, y una falla general importante parece establecer la separación entre el cretáceo y el hullero. Esta falla corta las capas carboníferas oblicuamente á su dirección, y así puede explicarse el aumento progresivo de amplitud de la faja hullera de L. á P. Los restos vegetales encontrados en esta cuenca corresponden en su mayor parte al hullero medio y base del superior.

Expuesta así concisamente la geología de la comarca en que radican las concesiones mineras, trataré ahora de la disposición y forma que en ellas tienen las capas de combustible.

RESEÑA MINERA

Gran parte de las concesiones mineras situadas en la zona objeto de este estudio, pertenecen á la Compañía de Villaverde de la Peña, la cual posee nueve minas que en junto abarcan 2764 hectáreas y varias demasías que, agregadas á las anteriores, dan un total de 2798'58 hectáreas. Una concesión denominada *La Positiva* pertene-

ce á la Compañía de Prado, y las denominadas *San Claudio*, *María*, *Luis é Isabel*, que en total suman 1312 pertenencias, pertenecen á otra empresa industrial.

Lo primero que salta á la vista por la simple inspección del plano, es que una buena parte del terreno demarcado, además de abarcar la totalidad de la faja hullera, se extiende sobre el cretáceo y el diluvial, por debajo de cuyos terrenos se supone, con fundamento, que habrá de continuar el terreno carbonífero.

El ferrocarril de La Robla á Valmaseda circula inmediato á las concesiones.

Para proceder metódicamente en la descripción de las capas de carbón, dividiremos la zona objeto de este trabajo en tres secciones: occidental, central y oriental.

Sección occidental.

En esta sección se observa que las capas de carbón se presentan en tres grupos: uno del N., otro central y otro del S.

Al O. de la mina *La Positiva*, en las de Santibáñez, explotadas por D. Fidel Uriarte, se presenta un grupo de siete capas cortadas por una galería transversal de 217 metros con 0m'70, 1m'50, 0m'40, 0m'50, 0m'60 y 0m'80 de espesor respectivos, y tres vetas de 20 á 40 centímetros. Por su situación respecto á la caliza carbonífera y al terreno cretáceo, se supone que estas capas pertenecen al grupo central y que continúan al E. pasando por la mina *La Positiva* y la parte N. de *Dos Hermanos*, en la que varios afloramientos en el arroyo de la Requejada parecen marcar este grupo en una zona de 160 metros de amplitud y con espesores respectivos de 0m'80, 1m'25, 1m'10, 0m'15, 0m'25 y 0m'15.

Al S. de la mina *La Positiva*, tocando á las areniscas blancas del cretáceo, aparecen en varios puntos tres capas: una de un metro, otra de 0m'70 y la última de 0m'65.

Más al N. se observan en los valles de los arroyos bastantes afloramientos que no figuran en el plano por falta de datos positivos.

Las labores mineras ejecutadas en *La Positiva*, al N. de la mina *Dos Hermanos*, corresponden á las capas del grupo del N. Un socavón transversal ha cortado allí cinco capas de carbón explotable: una de 0m'70 á 0m'90; otras de 0m'90, 0m'60 y 0m'70, y una de 1m'20.

Además, entre el fin del socavón y la caliza aparecen otros afloramientos que van señalados en el plano.

Para el transporte del carbón explotado por esta labor, se construyó un plano inclinado en el que se ven afloramientos de 0^m.80, 0^m.30, 0^m.45 y 0^m.55.

En la mina *Dos Hermanos*, detrás de los edificios de la Requejada, un socavón antiguo cortó una veta de 0^m.45, una capa de 0^m.65, otra de dos metros y la última de 1^m.50.

En dos puntos de la mina *Competencia* aparecen afloramientos del grupo explotado en *Dos Hermanos*. Próximos al límite occidental de esta mina se ven trabajos antiguos arruinados que, según referencias, se practicaron en una capa de carbón de 1^m.80, y en la parte del E. hay otros trabajos, también hundidos sobre la misma capa, cuyo espesor se dice que alcanzaba á 2^m.50.

Sección central.

Penetran después las capas en la mina *San Claudio*, cruzando el vallejo de Valurcia y ocultándose por debajo de los conglomerados cuaternarios, dispuestos en bancos horizontales.

No es posible deducir de una manera cierta, por el examen de los afloramientos de carbón, la marcha de las capas dentro del coto *San Claudio*, cubiertas como están en la mayor parte de su recorrido, ya por los derrubios de la sierra, ya por las tierras de cultivo y los prados, ó por los depósitos cuaternarios. En la parte inferior del barranco de Valurcia se encuentran dos lechos de carbón cerca del cretáceo y las dos capas principales del grupo del S. muy reducidas en su anchura, persistiendo el buzamiento septentrional: las del grupo del centro y del N. no se han reconocido en este barranco, ni puede observarse ya la marcha del carbonífero en su vertiente de la izquierda, porque en este paraje se ocultan debajo de las brechas calizas cuaternarias.

Salvada la maucha diluvial y á los 1800 metros de Valurcia, asoman nuevamente las capas de carbón á unos 500 metros al E. de Villanueva, donde se observan hasta tres que, alternando con areniscas y pizarras, y siempre muy inclinadas, forman un pronunciado pliegue. En este paraje se practicó un socavón hoy arruinado.

A unos 700 metros al N.NE. de Villanueva, y en la parte alta de

la vertiente izquierda del arroyo de Quintanilla, se presentan otros afloramientos de capas de carbón que han sido reconocidos á los 50 metros de profundidad por medio de un pozo, habiéndose puesto de manifiesto tres capas de carbón de 0^m.50, 0^m.80 y un metro de espesor medio respectivamente.

No vuelven á observarse luego los afloramientos de carbón hasta pasado el pueblo de Traspaña, á unos 2700 metros de distancia de los más inmediatos á Villanueva, y como á 850 metros al E.SE. de Traspaña se presenta una colina pequeña de areniscas con capas de carbón que han empezado á reconocerse por medio de un pozo de 50 metros de profundidad, con una transversal de 80 metros que ha cortado tres capas de carbón de un metro, 0^m.70 y un metro de espesor respectivo. A unos 40 metros al S. del pozo hay un afloramiento que es probable corresponda á otra capa; como 30 metros al N. de la más septentrional de las del pozo, hay otro asomo de carbón, y á menos de 300 metros al N. de éste se observan algunos lechos de pizarras carbonosas.

Los afloramientos de las capas del pozo de Traspaña, aparecen en diversos puntos de su recorrido hacia el E., hasta cerca del arroyo Ortegal, á 500 metros de distancia, viéndose los estratos muy dislocados y formando un pronunciado pliegue á unos 150 metros del pozo; algunas escombreras de poca importancia señalan antiguas explotaciones.

Ya en el ángulo SE. de la mina *San Claudio*, á unos 800 metros del pozo de Traspaña, vuelven á presentarse dos asomos de carbón con espesores de un metro y 1^m.20, habiéndose abierto antiguamente un pozo sobre uno de ellos.

En la parte alta del arroyo Ortegal, cerca de 800 metros al NE. del pozo Traspaña, y á 5300 al SE. del pozo de Villanueva, se han atacado por socavón varias capas inmediatas á la caliza carbonífera, habiéndose cortado hasta once vetas de carbón, todas de espesor muy reducido, á excepción de la décima, que alcanza hasta 0^m.70; están muy dislocadas y en malas condiciones de explotación.

Tales son los afloramientos de carbón que pueden reconocerse en el coto *San Claudio*; y hacia el E. comienzan las concesiones de la sección oriental de la Compañía de Villaverde de la Peña, ó sean las minas *La Verdad* y *La Constancia*.

Sección oriental.

En la mina *La Verdad* el terreno hullero está cubierto por la tierra vegetal; pero en el camino á Cubillo se descubre un afloramiento de 0^m'70 de espesor, que es probable corresponda á la continuación del grupo de Traspaña.

En la mina *Constancia* el terreno hullero, así como el cretáceo, desaparecen debajo del diluvial, si bien queda al descubierto una estrecha faja hullera comprendida entre el ferrocarril y la caliza carbonífera, pudiendo observarse en una trinchera de aquél cuatro capas de carbón cuyo espesor no está bien manifiesto.

Algo á Levante se encuentra un grupo de cuatro capas, trabajadas dos de ellas por galerías, presentando un espesor de 0^m'70 y un metro respectivamente.

Al S. de estos trabajos, cerca del ferrocarril, hay un afloramiento de 0^m'55; poco después otro del mismo espesor, y al final, en una trinchera, asoma una capa no muy al descubierto, pero que parece tener hasta 1^m'50 de grueso.

En esta parte, las capas buzan al S. y se ocultan debajo de los aluviones cuaternarios.

Resulta de la reseña que acaba de hacerse, relativa á la situación de los afloramientos y marcha de las capas de carbón, que en la sección occidental y en la central es donde están los reconocimientos más avanzados, no sólo por ser los asomos más frecuentes, sino también por los trabajos antiguos y modernos que allí se han ejecutado, demostrándose así la continuidad en conjunto de las capas y su distribución en tres grupos, mientras que sobre la región oriental sólo pueden aventurarse algunas conjeturas acerca de sus condiciones mineras.

De todas suertes, el examen de las capas de carbón de esta cuenca demuestra que no son de espesor continuo, sino que ofrecen ensanchamientos y estrecheces, hallándose, además, cruzadas por fallas que interrumpen la continuidad.

Calidad de los carbones.

El combustible encontrado hasta ahora en la zona de la cuenca carbonífera de que hablamos, es carbón de color negro, brillante, á veces muy duro, de fractura, ya concoidea, ya hojosa. Su peso específico medio es de 1'65. Arde lentamente sin deformarse, con llama rojiza muy corta, poco brillante, da muy poco humo, y se hien- de y decrepita al arder.

He aquí ahora el resultado de varios ensayos inmediatos de las hornagueras de que tratamos, practicados en diferentes laborato- rios:

Término medio de los ensayos practicados con los carbones de la cuenca de Guardo (Palencia), en el laboratorio de las minas de Marles (Pas de Calais).

Composición de los carbones.	M I N A S					Término medio.
	I.a. Positiva (4 capas).	Dos Hermanos.	Alejandrina. San José. Competencia.	San Claudio.	Constancia. Verdad.	
Agua.....	5'94	4'66	4'13	2'99	5'13	4'86
Materias volátiles.....	3'89	3'25	3'26	5'54	2'94	3'57
Cenizas.....	7'00	2'98	4'44	4'62	3'06	4'44
Carbono fijo.....	84'20	89'14	88'20	86'35	88'90	87'48

Ensayos hechos para los carbones de Guardo (Palencia), en el laboratorio de las minas de Marles (Pas de Calais).

Composición de los carbones.	Capa de un metro del pozo de Traspeña. San Claudio.	Capa de 0m'70 del mismo pozo.	Capa 1.ª de Dos Hermanos. Piso 1.º	Capa 1.ª de Dos Hermanos (1m'50). Piso 1.º
	Agua.....	4'68	2'10	2'15
Materias volátiles.....	4'55	4'65	4'60	4'97
Cenizas algo ferruginosas.....	4'72	3'25	4'63	4'37
Carbono fijo.....	89'05	90'05	88'62	88'11
Azufre.....	0'97	4'04	0'88	0'82
Poder calorífico.....	7708 calorías.	7783 calorías.	7697 calorías.	7758 calorías.

El poder calorífico está determinado con el calorímetro de Mahler.

Los carbones del coto *San Claudio* se han ensayado también en el laboratorio de las minas de Aller, de la Sociedad Hullera Española, con el resultado siguiente:

Ensayos de carbones de la mina «San Claudio» (Palencia).

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	Cenizas 0/0	Carbono fijo 0/0	Materias volátiles (tipo industrial).	OBSERVACIONES
Granado de la galería del Hornillo, término de Villanueva.....	4'80	91'93	8'24	Cenizas rojas. No da llama ni coquiza.
Menudo de la galería del Hornillo, término de Villanueva.....	5'22	91'94	8'74	Los mismos caracteres que el anterior.
Del pozo de Villanueva	2'33	94'32	8'88	Cenizas blancas. No da llama ni coquiza.
Granado del pozo de Traspeña.....	3'67	93'46	7'40	Cenizas rojas. No da llama ni coquiza.
Menudo del pozo de Traspeña.....	48'74	92'02	9'82	Cenizas blancas. No da llama ni coquiza.

He aquí ahora las proporciones de cenizas obtenidas por la Compañía de Villaverde, de los carbones explotados en el primer semestre de 1902:

PROCEDENCIA	Clase.	Tanto por 100 de cenizas.	Término medio.
Capa 1.ª			
Piso 4.º — Dos Hermanos.			
Preparación.....	Todo uno.	7'50	6'54
Explotación.....	Idem.....	7'27	
—.....	Idem.....	7'75	
—.....	Galleta....	6'46	
—.....	Idem.....	6'35	
—.....	Idem.....	4'25	

PROCEDENCIA	Clase.	Tanto por 100 de cenizas.	Término medio.	
Capa 1.^a				
Piso 2. ^o — <i>Dos Hermanos</i> .				
Galería de guía.....	Todo uno.	5'35	4'90	
— — — — —	Galleta...	4'40		
— — — — —	Idem.....	4'95		
Explotación general.....	Todo uno.	6'00		
— — — — —	Idem.....	4'55		
— — — — —	Galleta...	4'10		
— — — — —	Idem.....	3'75		
— — — — —	Todo uno.	6'15		
Piso 3. ^o — <i>Dos Hermanos</i> .				
Plan interior.....	Todo uno.	5'32		4'16
— — — — —	Idem.....	5'35		
— — — — —	Galleta...	3'50		
— — — — —	Idem.....	3'75		
— — — — —	Idem.....	2'90		
Pozo núm. 2.				
Capa 1. ^a	Todo uno.	3,50	4'20	
— — — — —	Idem.....	4,90		
Capa 2. ^a	Idem.....	5,90	5'70	
— — — — —	Idem.....	5,65		

Como resultado de todos estos ensayos, puede decirse que los carbones de que tratamos están compuestos como sigue:

Agua, de.....	1'68 á 5'94
Materias volátiles, de....	2'89 á 9'82
Cenizas, de.....	2'98 á 7'75
Carbono fijo, de.....	84'00 á 93'16
Azufre, de.....	0'88 á 1'01

Y el poder calorífico varía entre 7697 y 7783 calorías.

Resulta, pues, que por los caracteres físicos y por la composición, deben clasificarse estos carbones como verdaderas antracitas, y así se comprueba en el cuadro siguiente, donde junto á los ensayos de los carbones de San Claudio figuran los de las antracitas de Mandre,

de Pensilvania, de Montier y de Sablé, hechos hace muchos años por Berthier, y que constan como tipos de antracita en la *Mineralogía* de A. Dufrenoy:

	San Claudio. Término medio.	Mandre (Isère).	Montier.	Sablé.	Pensilvania.
Carbón.....	90	9'13	7'08	6'91	8'80
Cenizas.....	3	2'7	24'40	2'45	4'0
Materias volátiles...	7	6'0	7'8	7'4	8'0

Es de suponer, por consiguiente, que las antracitas en cuestión podrán aplicarse á los diferentes usos á que se destina esta suerte de combustible, principalmente en los generadores de gas pobre, en las calderas de vapor con hogares adecuados ó de tiro forzado, en usos domésticos, fabricación de cal, ladrillo, etc.

No está de más indicar que también se emplea la antracita para la fabricación de la fundición de hierro; pero en este caso se exigen condiciones especiales en el combustible, que debe ser muy consistente para no desmenuzarse con la presión de los hornos altos, y además es necesario que esté en trozos gruesos. La antracita de Pensilvania es de uso general en las locomotoras y en metalurgia; mas debe saberse que tiene la ventaja de ser muy compacta y de crepitar menos que la de Europa.

Son interesantes las pruebas industriales comparativas entre las antracitas de San Claudio quemándolas en el hogar de un generador de vapor multitubular, sistema del Arsenal civil de Barcelona, y otros carbones grasos de la Compañía Hullera, y de Cardiff, que se emplea por la Compañía Trasatlántica; el resultado de la comparación se especifica en los cuadros siguientes:

Pruebas de la hulla-antracita de «San Claudio» en el hogar de un

Comparación con otros carbo

DATOS RELATIVOS AL GENERADOR Y RESULTADO DE LOS ENSAYOS	20 de Septiembre de 1901.	26 de Septiembre de 1901.	27 de Septiembre de 1901.	
Naturaleza del carbón quemado durante las pruebas.	Cribado de San Claudio.	Menudo de San Claudio, escogido.	Cribado de San Claudio, todo uno.	
Duración de la prueba.....	6h 03'	6h 57'	6h 25'	
Análisis del combustible.....	Potencia calorífica, calorías.....	7900	»	
	Cenizas en tanto %.....	»	»	
	Materias volátiles en tanto %.....	»	»	
Tiro en m/m de agua en la cámara de los tubos.....	41 m/m	41 1/2 m/m	40 m/m	
Cantidad de carbón quemado durante la prueba (4).....	750k	975k	695k	
— — — por hora y por m ² de emparrillado.....	73k'8	83'51	64'53	
Cenizas, escorias y escarbillas, peso total.....	66k	134k	73k	
— — — en tanto %.....	8'8	13'4	10'5	
Peso del carbón quemado (neto y seco).....	684k	844k	623k	
Presión media del vapor en el generador (2).....	6at'7	6at'87	6at'6	
Cantidad total de agua vaporada durante el ensayo.....	5452k	5696k	4284k	
— — — por hora de marcha.....	865k'23	819k	667k	
— — — por hora y m ² de superficie de calefacción (A).....	8k'652	8'49	6'67	
Temperatura media del agua de alimentación en el depósito de bomba.....	23° c.	22° c.	21°'6 c.	
Cantidad de agua vaporizada a la presión del generador.....	Por kilogramo de carbón bruto (B).	7k'269	5'84	6k'15
	— — — neto.....	7k'970	6'74	6'87
Temperatura media de los gases de la combustión en la chimenea.....	349°'5 c.	349° c.	350°	
— — — del aire á la entrada del hogar.....	26°'3	24°	24°	
Utilización del combustible dada por el producto (A) + (B).	628'95	47'829	41'020	
	Se empleó el emparrillado (a).	Se empleó la parrilla (a).	Se empleó la parrilla (a).	

(1) Bruto y seco.

(2) A fin de evitar que la presión subiese á 8at, hubo que arrojar vapor á la atmósfera

(a) Este resultado tan bajo se debe al empleo de una parrilla con barrotos muy separada de vapor, además, se caía al cenicero buena parte del combustible sin haber empezado á arder.

(a) No cause extrañeza la relativa escasez de estas cifras con las de vaporizaciones pertenecientes á una capacidad de 400 quilogramos, y tan sólo se la hizo desarrollar de 40 á 60 quilogramos.

or de vapor multitubular, sistema del Arsenal civil de Barcelona.

ados en el mismo hogar.

20 de Septiembre de 1901.	2 de Julio de 1901.	3 de Julio de 1901.	12 de Julio de 1901.
Se empleó la parrilla (a).	Se empleó la parrilla (b).	Se empleó la parrilla (b).	Se empleó la parrilla (c).
27'	4h 40'	6h 35'	6h 37'
»	7592	7700	»
»	3'56	4'50	»
»	»	»	»
m/m	5 m/m	5 m/m	6 m/m
88k	449k	624k	614k
'66	61k	57k	55'24
4k	42k	74k	32k
5'8	9'4	44'6	5'21
94k	407k	566k	582k
1'73	5at'32	6at'08	6at'05
20k	2528k	4092k	3780k
66k	544k	621k	574k
'66	5'45	6'21	5'71
° c.	23° c.	22°'5 c.	24° c.
k'28	5k'6'3	6k'4'2	6'15
'10	6,24	7'30	6'50
83°	262° c.	275° c.	270° c.
20°	23°	23°'5	28°
21'224	30'458	39'868	35'416

OBSERVACIONES

El día 24 de Septiembre había en el Arsenal trabajo extraordinario: funcionaron la fundición y el martinete.

Potencia nominal del generador en caballos de 9k vapor = 400.

Superficie de calefacción.....

Elementos vaporizadores.....	92 m ²	
	Cuerpo cilindrico y demás.....	8 »
	Total m ²	400 »

Emparrillado (a). Superficie total de emparrillado, 4'62 m². Barrotos de 0m'74 de longitud por 4 k m/m de grueso y claros de 8 m/m. Relación entre la superficie de parrilla por m² de superficie de calefacción, 0m²0168.

Emparrillado (b). Barrotos de 0m'74 de longitud por 22 m/m de grueso y claros de 12 m/m. Coeficiente de peso de aire, 0'24.

Emparrillado (c). Barrotos de 0m'74 de longitud por 15 m/m de grueso y claros de 6 m/m. Coeficiente de aire, 0'24.

ante toda la experiencia.

, por lo cual no se sostenía el carbón sobre ella, y no era posible conservar una presión á arder.

cionadas trabajando á todo su rendimiento, pues la caldera empleada en el Arsenal civil ramos.

Ensayos de utilización de carbones ejecutado con un generador multitubular, sistema del Arsenal civil de Barcelona, en los talleres de esta Sociedad.

Residuos que arrojó el hogar en las diferentes pruebas.

Producto de la combustión.	Cribado escogido de San Claudio. 20 Septiembre.	Menudo escogido de San Claudio. 26 Septiembre.	Cribado de San Claudio, todo uno. 27 Septiembre.	Menudo de San Claudio, todo uno. 5 Octubre.	Cribado Cardiff usado por la C.ª Trasatlántica. 2 Julio.	Cribado escogido de la Hullera. 3 Julio.	Menudo lavado de la Hullera. 12 Julio.
Cenizas.....	57 1/2 por 100	30 1/2 por 100	44 por 100	48 por 100	43 por 100	47 por 100	52 1/2 por 100
Escorias.....	22 1/2	48	41	7	27	43	26
Escarbilla.....	20	24 1/2	34	45	30	70	54 1/2
Carbón sin quemar.....)))	60)))

Observación.—Todos los carbones se han quemado en parrilla apropiada, excepto el menudo—todo uno—de San Claudio y el cribado de la Hullera. Para ambos era excesivo el claro de la parrilla.

Nota.—El carbón de San Claudio es una antracita que arde con gran decrepitación sin dejar brasa gruesa sobre la parrilla; antes de arder se disgrega y pasa al través de la parrilla con gran facilidad; para quemarlo requiere una parrilla de 0'35 lo menos de coeficiente de paso de aire, y al propio tiempo que la separación entre barrotes no exceda de 4 m/m.

Ensayos de utilización de carbones en un generador multitubular, sistema del Arsenal civil de Barcelona, hechos en los talleres de esta Sociedad.

Comparación económica de los carbones probados.

PROCEDENCIA DE LOS CARBONES	PRECIOS			
	De la tonelada á pie de fábrica. — Pesetas.	De 1000 kg. de vapor. — Pesetas.	Equivalentes por tonelada. — Pesetas.	Vaporización por kg. de carbón. — Kg.
Cribado escogido de San Claudio.....	45	5644	45'00	7'97
Menudo escogido de idem.....	45	6676	38'02	6'74
Cribado, todo uno, de idem.....	45	6550	37'70	6'87
Menudo, idem de id.....	45	8823	28'80	5'40
Cribado Cardiff usado por la Compañía Trasatlántica....	45	7246	35'05	6'24
Cribado escogido de la Hullera.....	45	6464	42'22 (1)	7'30
Menudo lavado de idem.....	45	6923	36'67	6'50

La antracita, como queda indicado, no es todavía de uso general en nuestro país, mientras que en otros se consume en cantidades de importancia, y en los Estados Unidos es el combustible general y preferido; así en aquel país en el año de 1901 se produjeron 52.057999 toneladas; en Francia, 4.764000, mientras en España sólo se alcanzó la cifra de 68427 toneladas. Pero es indudable que el consumo habrá de ir en aumento entre nosotros, á medida que se vayan conociendo las aplicaciones y las ventajas económicas que reporta su empleo, habiendo, por consiguiente, fundado motivo para esperar excelente porvenir en la explotación de los yacimientos españoles de antracita.

Otro punto importantísimo, por lo que se refiere al desarrollo industrial de la cuenca de que tratamos, es el de determinar la proporción de carbón menudo que habrá de resultar con la explotación; y

(1) Téngase presente que estos dos carbones no se quemaron bien á causa de ser la parrilla de claros anchos.

en verdad que no es posible fijarlo ni aun aproximadamente, porque los reconocimientos mineros, en conjunto, dan muy pocos detalles.

Si nos atuviéramos á lo conseguido hasta el día, podría decirse que en la mina *Dos Hermanos*, de la sección occidental de la Compañía de Villaverde, se está explotando una de las capas del grupo del S., denominada *Primera*, resultando que produce el 50 por 100 de carbón menudo de 0 á 10 milímetros, y el resto es de garbancillo, galleta ó granado, según sus dimensiones oscilen entre 10 á 15 milímetros, 15 á 60 milímetros y de 60 milímetros en adelante. En la mina *La Positiva* se presentan algunas de las capas del grupo del N. en condiciones de producir carbón granado en proporción notable.

En la mina *San Claudio* se han reconocido por medio de un pozo, cerca de Villanueva, varias capas que sólo han dado carbón menudo, así como también en el grupo denominado *Ortegal*. En la galería denominada del *Hornillo* se obtuvo el 10 por 100 de carbón granado de excelente calidad, y en las labores del pozo *Traspeña*, correspondientes, como las anteriores, al coto *San Claudio*, se han presentado dos capas que producen carbón granado en proporción importante.

También en las minas de la sección oriental de la Compañía de Villaverde se encuentran capas que al parecer habrán de producir carbón granado.

Por lo demás, no debe suponerse que la proporción en menudo que arroje cada capa en puntos diferentes haya de ser constante, pues aparte de otras causas, sabido es que, por lo general, en las zonas que han sufrido grandes presiones cósmicas, en las inmediaciones de las fallas y en los vértices de los pliegues agudos, suele presentarse el carbón muy resquebrajado y desmenuzado.

Debe también tenerse en cuenta que los agentes atmosféricos ejercen acción modificadora en las capas de combustible hasta cierta profundidad; de suerte que, un yacimiento que cerca de la superficie presente sólo carbón menudo, puede contenerlo grueso á más bajo nivel.

Veamos ahora la importancia y desarrollo de las capas de combustible dentro de la zona carbonífera de que tratamos, y al efecto describiremos separadamente las diferentes concesiones mineras representadas en nuestro plano.

DESCRIPCIÓN DE LAS MINAS

Dos Hermanos.—Setenta y cinco hectáreas componen esta concesión, que forma un rectángulo de 1500 metros de E. á O. por 500 metros de N. á S.; se halla totalmente envuelta por la concesión *La Positiva*, y está cruzada de Oriente á Occidente por las capas del grupo central y las del S.

Es, por el momento, la más interesante de las que posee la Compañía de Villaverde de la Peña, porque en ella se han concentrado, lo mismo en tiempos antiguos que modernamente, los trabajos de explotación.

Los trabajos mineros se han ejecutado casi exclusivamente en la que se denomina primera capa: en la vertiente derecha del arroyo de Valdiserna se explotó antiguamente esta capa, presentándose el carbón, según se dice, con tres metros de espesor.

Entre el arroyo de Valdiserna y el de la Requejada, es donde la Compañía de Villaverde ha hecho sus explotaciones casi exclusivamente, circunscribiéndose á la primera capa y preparando además el reconocimiento de la segunda.

Preséntase la capa de antracita con inclinación variable entre 60 y 70° al N., siendo el espesor poco uniforme, pues mientras en algunos puntos llega á tres metros (O. de Valdiserna), en otros se reduce á algunas venas intercaladas entre las pizarras. Como promedio de espesor para esta capa se le asigna el de 1^m'50; pero en realidad, si hay que atenerse al carbón utilizable, resulta que en la zona explotada se han obtenido 1370 quilogramos de carbón por metro cuadrado de capa, que representan unos 0^m'90 de espesor aproximadamente.

La parte de capa no es explotable en la zona beneficiada; resulta ser la sexta parte de la superficie total.

Las capas del grupo N. de *La Positiva* no penetran, al parecer, dentro de la mina *Dos Hermanos*.

El carbón que se extrae de la mina se transporta hasta el taller de preparación mecánica, que está inmediato á la estación de Villaverde, en trenes de vagonetas con locomotora por una vía de 0^m'615 y unos dos quilómetros y medio de longitud.

La preparación mecánica se reduce á separar á mano la pizarra y tratar el carbón por cribas de sacudimiento, obteniéndose las clases siguientes:

Granado, de.....	60 m/m en adelante.	
Galleta, de.....	20 á 60 m/m	—
Granza, de.....	8 á 20 m/m	—
Menudo, de.....	0 á 8 m/m	—

Se obtiene también carbón *cribado*, que es el *todo uno*, sin polvo.

El precio de coste de la tonelada de carbón resulta sobre vagón, en la estación de Villaverde, á 7'94 pesetas por los conceptos siguientes:

Arranque y entibación.....	2'68 pesetas.	
Transporte interior.....	0'29	—
Conservación.....	0'45	—
Ventilación.....	0'21	—
Transportes exteriores.....	0'80	—
Cribado.....	0'77	—
Edificios.....	0'16	—
Varios.....	0'58	—
Material de explotación.....	1'80	—
Total.....	7'94	—

Y si á esto se agregan otros conceptos no consignados, parece ser que en realidad el coste efectivo excede de 11 pesetas por tonelada.

San José, Competencia y Alejandrina.—Estas concesiones forman un grupo de 53 pertenencias de 10000 m² con 13'73^h de demasías comprendidas entre las minas *La Primera* y *San Abel*, *La Positiva* y *San Claudio y María*, dispuestas según se representa en el plano y ocupando unos 900 metros á lo largo de las capas de carbón.

Del examen de los afloramientos parece deducirse que los tres grupos en que hemos supuesto distribuidas las capas de combustible, deben penetrar en el espacio que abarcan las tres minas, si bien hay que observar que mientras en las concesiones *Competencia* y *Dos*

Hermanos se hallan comprendidas en una zona de 1000 metros amplitud, en las de que hablamos abarcan sólo unos 500 metros, de suerte que, al parecer, las capas de carbón convergen de L. á P. partir de la mina *Dos Hermanos*.

Entre estas capas hay una que por el espesor de sus afloramientos y los trabajos ejecutados en ella antiguamente, parece ser la más importante y corresponder á la *primera* explotada en *Dos Hermanos* y penetra en las concesiones después de cruzar oblicuamente *La Positiva*. Los afloramientos en cuestión aparecen cerca del cauce del arroyo de Velilla, á su izquierda, y en las dos vertientes de otro que, á 550 metros del anterior, circula por *La Alejandrina*: en este paraje se ven trabajos antiguos sobre dos capas, en una de las cuales alcanza el carbón hasta 1m'50 de espesor. Las demás, que se supone han de existir dentro de estas concesiones, ó no están reconocidas ó son, al parecer, de poca importancia.

Para la explotación de este grupo de minas se ha instalado un pozo fuera de sus demarcaciones, cerca del límite oriental de la *Primera*: este pozo, abierto en las areniscas de la parte inferior del terreno cretáceo, es de sección circular, de 5m'50 de diámetro, con revestimiento de mampostería ordinaria, y tiene 55 metros de profundidad.

La instalación consta de una caldera vertical de 27 caballos efectivos; una máquina de extracción de 20, jaulas y accesorios; un ventilador de vapor que inyecta 1 m³ de aire por segundo; una bomba que puede extraer 15 m³ de agua por hora á 100 metros, y otra, situada en el pozo á los 17 metros, que sirve para la alimentación de la caldera. Con estos elementos podrían extraerse diariamente 600 vagonetas de 600 quilogramos de contenido cada una.

A los 55 metros de profundidad del pozo se ha abierto una travesía de 115 metros, de los cuales los 55 primeros cortan á las areniscas cretáceas, y los 60 restantes están en el hullero. Los estratos cretáceos se presentan con buzamiento al N. y su pendiente va en progresivo aumento, desde 50° á 80° en el límite; los hulleros, también con buzamiento al N., tienen unos 70° de inclinación.

En los 60 metros de terreno hullero cortados por la transversal, se han encontrado dos capas de carbón: una de 0m'55, y á los ocho metros de ésta otra de 0m'20. La primera se presenta, á la izquierda de la travesía, constituida por carbón duro en una sola veta, que no se ha reconocido en dirección á P. por la proximidad de *La Posi-*

tiva; hacia L. se ha seguido por ella con una galería de 65 metros, presentándose el carbón en vetas emborrascadas con pizarra.

La Primera y San Abel.—Estas dos minas, que lindan por el N. con *La Positiva*, suman en junto 825 hectáreas y abarcan unos 5700 metros de E. á O. por 400 de N. á S., casi totalmente sobre terrenos más modernos que el hullero.

Carecen de importancia minera, por el momento, y su interés estriba en lo siguiente: hacia el centro del límite meridional de *La Primera* se emprendió un pozo de 4 metros de diámetro, con su instalación correspondiente; se dice que su objeto era cortar en los pisos inferiores las capas de *Dos Hermanos*; pero para esto sería preciso que estas capas, que en esta mina buzan al N., cambiaran su inclinación al S. á cierta profundidad, y después de cruzar la faja de *La Positiva*, comprendida entre *Dos Hermanos* y *La Primera*, deberían penetrar en esta última á profundidad muy considerable.

Es de suponer que, por considerar incierto el problema, se suspendiera la labor cuando llegaba el pozo á los 50 metros, resolviendo continuar el trabajo por sondeo, á cuyo efecto se adquirió el material correspondiente. Se llegó en esta forma á los 150 metros de profundidad sin salir del terreno cretáceo, pero penetrando en las pudingas de la base; mas debieron de surgir algunas dificultades para continuar el trabajo y se abandonó el sondeo.

Contratóse después otro con la Compañía Española de Sondeos, situándolo á unos 50 metros al S. de la anterior, y en la época de mi visita á las minas había llegado el taladro á 280 metros de profundidad, siempre en la caliza cretácea, y faltando, por consiguiente, atravesar todo el horizonte inferior de areniscas y pudingas para llegar al hullero. Esta notable diferencia de niveles geológicos cortados por dos sondeos tan próximos, puede explicarse admitiendo la interposición entre ambos de algunas de las muchas fallas próximas al límite del terreno secundario.

Conviene observar ahora, por lo que se refiere á las minas sitas **sobre el terreno cretáceo, que las calizas de la división superior están surcadas por múltiples grietas, resultando así permeables en gran escala, y, por consiguiente, las aguas pluviales penetran fácilmente al través de la masa; y si bien es cierto que tales calizas descansan sobre un horizonte de rocas arcillosas y detriticas poco permeable que habrá de detenerlas en parte, deberán, sin embargo, encontrar fácil camino á través de las fallas, y, por consiguiente,**

hay motivo para sospechar que en las labores mineras por debajo de estos terrenos la afluencia de aguas sea de consideración.

San Fermín.—Situada fuera del terreno hullero al cual solamente toca la concesión en su extremo oriental, resulta casi totalmente sobre los terrenos cretáceo y cuaternario. Consta de 781 pertenencias que cubren una faja de terreno de 9800 metros de largo.

Coto San Claudio.—Se compone este coto de la concesión *San Claudio* y de sus ampliaciones *Maria Luisa é Isabel*, agrupadas de forma que abarcan 8300 metros de longitud en dirección NO.-SE., por 2700 metros de anchura máxima del NE. al SO. Comprende dentro de su demarcación los pueblos de Villanueva y de Traspeña, á unos 1140 metros de altitud.

Forma el límite septentrional una elevada cordillera de caliza carbonífera de la que parten las diferentes arroyadas que cruzan las concesiones: por su extremo occidental circula el arroyo de Valurcio al través de un barranco angosto y profundo, donde se encuentra el punto de partida de la mina, que es una fuentecilla inmediata al cauce por su izquierda. En el resto del coto no se observan relieves topográficos de importancia; una meseta formada de bancos de brechas calizas diluviales, separa el barranco de Valurcio del arroyo de Quintanilla, que pasa por el E. de Villanueva, y entre este arroyo y el de Ortegá, que corre ya por el límite oriental de San Claudio, el terreno se presenta formando colinas poco elevadas y cubierto por los derrubios de la sierra ó por praderías y tierras de cultivo, resultando con esto ocultos los asomos de las capas carboníferas.

Por la parte meridional pasa el ferrocarril de la Robla á Valmaseda, estando sita la estación de Castrejón dentro de la mina *Isabel*.

El terreno hullero tiene en la región occidental del coto, ó sea en Valurcio, unos 700 metros de anchura; ocúltase en seguida en un trecho como de dos kilómetros por debajo de la mancha diluvial comprendida entre los arroyos de Valurcio y de Quintanilla, y reaparece por el E. de Villanueva con unos 1000 metros de amplitud, prosiguiendo luego sin solución de continuidad hasta el límite oriental del coto, donde tiene unos 900 metros de ancho. Está constituido por pizarras más ó menos arcillosas y areniscas frecuentemente pizarreñas, á veces duras y compactas. Entre este conjunto de rocas se intercalan las capas de carbón, hallándose, por lo demás, perfectamente caracterizado el terreno hullero por restos vegetales fósiles, en general correspondientes al hullero medio y base del superior.

Limitan la formación hullera por la parte del N., según se ha indicado antes, las calizas del carbonífero inferior, y recordaremos también que las capas carboníferas se presentan con inclinación septentrional, resultando que el terreno más antiguo, ó sea la caliza, aparece superpuesto al más moderno ó hullero.

Muchos pliegues y cambios de dirección y buzamiento se observan en los estratos hulleros del coto *San Claudio*. Así á unos 500 metros al E. de Villanueva forman las areniscas y pizarras de capas delgadas, con otras de carbón interpuestas, un importante pliegue; más al N., en el pozo de Villanueva, se presentan las capas en dirección del N. 40° O. é inclinadas 80° al SO. A los 250 metros de Traspeña, en el camino al pozo de su nombre, asoman en corto trecho las areniscas carboníferas con rumbo al N. 18° O.; mientras que las cortadas por las labores del pozo se dirigen al N. 40° O., y disposición en abanico con la convergencia hacia arriba y á 120 metros al E. del mismo pozo se doblan las areniscas formando pliegue muy marcado, cuando poco más allá se presentan en un corte del terreno dispuestas en abanico con la convergencia hacia abajo. En la región del Ortegál se observan diversos pliegues con inclinaciones de 80 á 90°, predominando siempre el buzamiento al N., y las que cortó un socavón situado en aquel paraje se dirigen hacia el N. 61° O.

Dedúcese de estas observaciones y de otras que sería prolijo consignar aquí, que la dirección dominante de las capas hulleras es de NO. á SE.; que se presentan muy dislocadas, con buzamiento septentrional frecuentemente, y que atendiendo á sus repetidas plegaduras y á las fallas que las cortan, se acusarán en profundidad múltiples variaciones estratigráficas, determinando la consiguiente irregularidad para las labores mineras.

Las capas cretáceas que por la parte del Mediodía ocultan la faja hullera, aparecen siempre muy dislocadas, con tan fuertes inclinaciones que rebasan frecuentemente la vertical, de forma que resultan invertidas y como si fueran más antiguas que el hullero, lo que demuestra la existencia de una cobijadura, siendo de suponer, además, que en el contacto de ambas formaciones exista una importante falla.

El terreno diluvial forma, como ya he indicado antes, en la parte alta de la divisoria de los arroyos Valurcio y de Quintanilla, una mancha que está constituida por un conjunto de bancos horizontales de conglomerados de elementos calizos angulosos de aspecto semejante á los del terreno terciario lacustre, con arenas y areniscas

rojizas en algunos puntos de su base, y presentando por la parte de Valurcio hasta 70 metros de espesor. En lo alto de la vertiente derecha de este barranco ha quedado por efecto de los derrubios un pequeño isleto de brecha cuaternaria apoyado sobre la caliza carbonífera.

No hay datos bastantes para determinar de modo cierto la marcha de las capas de combustible dentro del coto *San Claudio*, ni es posible tampoco precisar su correspondencia con los tres grupos que se han reconocido en las concesiones limítrofes occidentales; sin embargo, si se atiende á la distancia entre los afloramientos y la caliza carbonífera, puede conjeturarse que las capas del pozo de Villanueva y del Ortegál deben corresponder al grupo del Norte, y las del Este de Villanueva y del pozo de Traspeña al del Sur, sin que, al parecer, tengan representación de importancia las del grupo central.

En cuanto se refiere á las condiciones generales de la explotación minera, debe observarse que, á consecuencia de la configuración topográfica de la comarca, será necesario emprender los trabajos por pozos convenientemente situados para atacar las capas á diferentes niveles. Es de suponer que la afluencia del agua de los pozos abiertos dentro del terreno hullero no sea muy considerable, mientras que en las rocas cretáceas hay mayor riesgo en tropezar con aguas abundantes.

Hasta el presente no se ha manifestado la mofeta en las labores del coto ni en las de las minas colindantes. La ventilación natural ó artificial, según los casos, no parece que haya de ofrecer dificultades, siempre que se siga un plan razonable de explotación.

El precio de coste de la tonelada de carbón debe suponerse que no habrá de bajar de 10 pesetas en la mina.

Las labores mineras ejecutadas en el pozo *San Claudio* se han circunscrito á los parajes donde, por la existencia de trabajos antiguos en determinadas capas de carbón ó por el examen de los asomos, debía preverse que podrían ser reconocidas fácilmente y preparada su explotación en breve plazo, siendo tres los sitios principales donde se han ejecutado: en Traspeña, en Villanueva y en El Ortegál.

Sobre un altozano pequeño situado como á 850 metros al E. SE. del pueblo de Traspeña, se ha abierto un pozo para atacar las capas de carbón que, intercaladas entre areniscas y pizarras, afloran en

varios puntos y fueron explotadas en otros tiempos, aunque en pequeña escala, según lo atestiguan las reducidas escombreras. Comenzóse la labor dando al pozo sección rectangular de 2^m'50 por 1^m'50, y se profundizó hasta 30 metros, más la calderilla correspondiente, y luego se amplió la sección á 4^m'60 por 2^m'10; desde el fondo se abrieron dos transversales perpendiculares aproximadamente á la dirección de los estratos: una al N.NE., que cortó á los 30 metros una capa de carbón que denominaremos del *Norte*, y otra á S.SO., con la que se llegó inmediatamente á otra capa *Central*, y á los 45 metros una tercera ó del *Sur*, cesando con esto el reconocimiento por las transversales y emprendiendo el de dirección á lo largo de las tres capas.

La del *Norte* ha sido reconocida en dirección NO. por una galería á lo largo de un yacimiento de carbón granado que se presenta con 80° de inclinación al NE., y espesor variable entre 0^m'50 y 1^m'10; á los 40 metros se perdió el carbón, y siguió la galería con algunas desviaciones en otros 40 metros, siempre en terreno estéril. El ramal SO. tiene 18 metros, presentando el carbón en el testero con un metro de espesor.

La capa *Central* se ha reconocido por galería en dirección al NO. solamente; se presenta con inclinación de 85° al NE. y da carbón granado, variando en espesor desde 0^m'60 á 1^m'40, y habiendo alcanzado hasta 1^m'55 en el alto de un coladero del extremo. Siguió el combustible en esta galería en 30 metros de recorrido, á partir de la transversal, y á esta distancia se entró en terreno estéril, interrumpiéndose el trabajo á los pocos metros. Se ha arraucado algún carbón de esta capa con realces pequeños.

La capa del *Sur* sólo ha dado carbón menudo; tiene buzamiento opuesto á las anteriores, pues se inclina 68° al S.; los dos ramales de la galería, al E. 15° S. y al O. 15° N., comenzaron en carbón con espesor de un metro; pero á corta distancia entraron en terreno estéril, resultando con carbón sólo una zona de 30 metros.

Es de notar que el extremo de la galería occidental penetra en pizarras que presentan brusco cambio de dirección, lo que parece indicar la existencia de una falla, y por este motivo se hizo un pequeño reconocimiento hacia el S., pero sin resultado.

El carbón extraído de estas labores hasta la fecha de mi visita, fué de las clases siguientes:

Toneladas de cribado	200
— de galleta y garbancillo	100
— de menudo	510
<i>Total</i>	<u>810</u>

resultando el menudo en proporción de 63 por 100.

La superficie explotada era de 511 metros, correspondiendo, por consiguiente, 1'58 toneladas al metro cuadrado, lo que supone un metro de espesor de antracita.

A unos 700 metros al E.NE. de Villanueva se ha abierto un pozo de 30 metros de profundidad, desde cuyo fondo parte una travesía en dirección al SO., que en 66 metros de longitud ha cortado tres capas de carbón: la primera, ó del *Norte*, á los 6 metros; la segunda, ó *Central*, á 22 metros de la primera, y la tercera, del *Sur*, á 38 metros de la segunda.

La capa del N., empinada hasta 85°, da carbón limpio y poco piritoso, pero todo menudo; presenta en el testero del E. 0^m'50 de espesor; en el del O. alcanza hasta 0^m'80; la caja es de pizarras consistentes, y la capa ha sido reconocida con una galería de 25 metros de largo.

La capa *central* tiene 65° de inclinación y 0^m'60 de espesor de carbón algo piritoso, limpio, pero todo menudo, habiéndose reconocido en poco más de 50 metros. La caja ofrece condiciones semejantes á la de la capa del N.

La capa del S. presenta 1^m'50 de espesor en cada uno de los testeros, con inclinación variable de 65 á 70°; ha sido reconocida en unos 15 metros, dando carbón limpio, pero menudo, como el de las anteriores, siendo su caja también análoga.

A unos 300 metros al E. de Villanueva se continuó una galería antigua, hoy arruinada, reconociéndose en 80 metros de longitud y á unos 15 por debajo de sus afloramientos una capa de carbón de 0^m'45 de espesor que produjo hasta el 10 por 100 de granado.

En el paraje denominado *El Ortega*, y como á 300 metros al NE. del pozo de Traspeña, se ha tratado de reconocer las capas de carbón inmediatas á la caliza carbonífera, por medio de un socavón que se dirige al N. cortando muy oblicuamente los estratos: tiene la labor 155 metros de largo y está abierta en pizarras de muy poca consistencia, que exigen mucha madera para el sostenimiento y entibación. Con la galería se cortaron once vetas carbonosas, siendo la

décima la única que ofrece algún interés, puesto que alcanza hasta 0^m70 de espesor máximo; pero da carbón menudo muy piritoso y sucio, y excepcionalmente algún fragmento grueso. Ha sido reconocida en 12 metros al E. y en 17 metros al O.; mas por este rumbo se perdió el carbón, siguiendo la galería 13 metros en terreno estéril. Las diez capas restantes no son más que vetillas sin importancia al parecer, habiéndose reconocido por galerías la segunda en 10 metros; la tercera en 21; la novena en 6, y la undécima en 9 metros.

Concretándonos al resultado inmediato de los trabajos ejecutados en el coto *San Claudio*, puede decirse que el grupo de *Traspeña* es el más interesante, porque sus capas del N. y Central se presentan con buen espesor, dando carbón granado suficiente para ser explotadas con ventaja. Las reconocidas por el pozo de Villanueva sólo han dado carbón menudo. El socavón del *Ortegal* no ofrece interés porque la mayor parte de las capas son casi estériles; el combustible es menudo y sucio, el terreno está muy dislocado y la conservación de las labores es costosa. Por fin, la galería del *Hornillo* se abandonó acertadamente por ser muy pequeña la altura del macizo resultante sobre ella.

He aquí ahora una nota de los precios á que han resultado las labores mineras ejecutadas en el coto *San Claudio*:

Labores de Traspeña.

Pozo de Traspeña: primer periodo, con 2 ^m 5 × 1 ^m 5.....	140'00	pesetas	metro.
Pozo de Traspeña: ensanche (4 ^m 60 × 2 ^m 10).....	509'02	—	—
Anchurón.....	229'56	—	—
Transversal en arenisca dura.....	90'00	—	—
Galería de la capa Norte con extracción de escombros.....	75'46	—	—
Galería de la capa Norte sin extracción de escombros.....	48'63	—	—

Labores de Villanueva.

Pozo maestro.....	125	pesetas	metro.
Transversal.....	80	—	—
Galerías en las capas.....	65	—	—
Pocillo de ventilación.....	30	—	—

Trabajos del Ortegal.

LABORES	Metros avanzados.	Precio total del metro.	Precio sin conservación.
Galería 2. ^a , capa al Oeste.....	9'60	33'47	33'47
— 3. ^a — —	24'80	38'34	38'34
— 9. ^a — —	6'80	22'60	49'83
— 10. ^a — —	26'00	32'02	29'80
— 10. ^a — al Este.....	12'20	33'48	24'25
— 11. ^a — al Oeste.....	7'50	31'98	31'98
Transversal.....	149'55	64'53	48'35
Pocillo de ventilación.....	108'90	22'97	21'40

La Verdad y La Constancia.—Ocupan estas dos minas el extremo oriental de la faja hullera en 2600 metros de longitud: consta la primera de 180 pertenencias, dispuestas casi totalmente sobre el terreno hullero; la segunda, de 851 pertenencias, comprende la zona más angosta de la faja carbonífera y se extiende en parte por terreno cuaternario.

El ferrocarril de la Robla á Valmaseda cruza estas dos concesiones, viéndose en los desmontes algunos afloramientos de carbón; las estaciones más próximas para el transporte de los productos de este grupo de minas son: la de Castrejón para *La Verdad*, y la de Cervera para *La Constancia*.

En la época de mis visitas á estas minas no se habían emprendido trabajos de ninguna especie para el reconocimiento de las capas de combustible que allí existen, de modo que para formar juicio sobre las mismas no había más base que el examen de los afloramientos y el de algunos trabajos antiguos ya arruinados. Por otra parte, el terreno hullero se encuentra cubierto por un manto de tierra vegetal en casi toda la extensión de la mina *La Verdad*, y en grandes trechos en *La Constancia*, resultando imposible relacionar entre sí los afloramientos para determinar con precisión la marcha de las capas. De suerté que, sin más datos, el juicio que pueda formarse acerca de la importancia minera de estas concesiones, habrá de ser muy deficiente; pero de todos modos, y atendiendo además al resultado de los trabajos de la mina colindante *San Claudio*, algo puede deducirse aun cuando sea de manera aventurada.

El grupo de capas que se explotan en la mina *San Claudio* por el pozo de *Traspeña*, debe penetrar en *La Verdad*, y es posible que á



él corresponda el afloramiento que se descubre en el camino de Cubillo á Cantoral, donde asoma una capa de unos 0^m'70 de espesor. El grupo del Norte, cuyo reconocimiento ha comenzado en *San Claudio* con las labores del *Ortegal*, no puede observarse en *La Verdad*, pues de existir está oculto por la tierra vegetal.

Si las capas del pozo *Traspeña* cruzaran *La Verdad* conservando los mismos caracteres que presentan las labores del mencionado pozo, resultarían con 2600 metros de recorrido dentro de la concesión y podrían representar un espesor medio de unos 0^m'60 de carbón. No existen en esta mina relieves topográficos que permitan emprender el ataque de las capas por socavones, siendo necesario explotárselas por medio de pozos.

En la mina *La Constancia* se reduce mucho la amplitud de la faja hullera, cuyo recorrido al través de la concesión es de unos 3500 metros.

El terreno descende en esta mina para formar el vallecito de Valdegario, donde antiguamente se hicieron algunas explotaciones por socavón que parecen demostrar la existencia de dos capas de 0^m'70 y un metro de grueso respectivamente.

En la parte alta del valle comienzan á observarse varios pliegues en los estratos hulleros, que unas veces buzan al N. y otras al Mediodía, más abajo sostienen la inclinación al S., es decir, que ya no están invertidos como en la región occidental de la cuenca, aun cuando en el extremo de la faja aparecen rotos y plegados en todas direcciones.

San Fermín.—Esta mina, no demarcada todavía en la fecha en que la visité, está apartada del terreno hullero, pues sólo su límite toca á la designación en el extremo oriental, resultando en definitiva el registro en los terrenos cretáceo y cuaternario.

Consta de 781 pertenencias que cubren una faja de terreno de 9800 metros de largo, y su principal objeto es unir sin solución de continuidad las minas del Oeste de la Compañía de Villaverde con las concesiones más orientales *La Verdad* y *La Constancia*.

RAFAEL SÁNCHEZ LOZANO.

ESTUDIO DE ALGUNOS MOLUSCOS EOCÉNICOS

DEL

PIRINEO CATALÁN

POR

M. COSSMANN

Ancilla nana, A. Rouault.

Lám. A, figs. 1 y 2. Tamaño triple del natural.

1849.—*Ancillaria nana*, A. Rouault.—*Descrip. foss. éoc. Pau* (*Mem. Soc. Géol. France*), pág. 46, lám. XVIII, fig. 24.

Especie pequeña, estrecha y subulada; ápice agudo, cuya zona no barnizada ocupa casi toda la altura de la última vuelta. Limbo anterior limitado por un surco y dividido en dos por un cordoncito muy borroso que corresponde á los crecimientos de la escotadura basal. Abertura corta y estrecha. Cinco pliegues columelares sobre el abultamiento anterior. Callosidad posterior bastante gruesa, montando sobre la última vuelta.

Dimensiones. Longitud, 14 milímetros. Diámetro, 4 $\frac{1}{2}$ milímetros.

Relaciones y diferencias. Rouault ha comparado su especie con individuos jóvenes de *A. Buccinoides*, que D'Orbigny llamaba *A. subulata*; pero es menos alargada y tiene la abertura mucho más ancha. Se puede también aproximarla á la pequeña concha *ypresiense*, que he descrito bajo el nombre *A. arenaria*: no obstante, es más atenuada por delante porque el abultamiento de la última vuelta se halla situado más al medio; la figura dada por Rouault indica bien este carácter. Aunque el autor no haya dicho si el labro lleva una

denticulación anterior (precisamente está mutilado en nuestros ejemplares), es probable que el denticulo exista, y, por consiguiente, que sea un *Sparella*.

Localidad. Perauba (Lérida). Capa de *Potamides Montsecanus*.

Parvisipho (Andonia) hispanicus, nov. sp.

Lám. A, figs. 3, 4 y 5. Tamaño triple del natural.

Talla mediana; forma estrecha, fusoide; espira larga, casi cónica; concha lisa papilosa; nueve ó diez vueltas convexas, cuya altura iguala á los $\frac{2}{3}$ del ancho, separadas por suturas lineales y onduladas. Lleva unas diez costillas axiales formando una pirámide torcida en el vértice, porque se suceden oblicuamente de una á otra vuelta, subnodulosas ó engrosadas en la convexidad de cada vuelta, adelgazadas hacia la sutura inferior. Ornamentación espiral, falta ó está borrada. Última vuelta un poco inferior á la mitad de la altura total, oval ó declive en la base, sobre la cual se apoyan las costillas axiales, desdoblándose algunas veces hasta el cuello, que es un poco hinchado y torcido. Abertura estrecha, piriforme, terminada por delante con un canal poco estrecho, medianamente alargado. Labro un poco sinuoso por atrás. Columela un poco torcida, lisa. Borde columelar estrecho y poco calloso.

Dimensiones. Longitud, 15 milímetros. Diámetro, $4\frac{1}{2}$ milímetros.

Relaciones y diferencias. Esta especie se asemeja á *Andonia subulata*, Lamk. (*Fusus*), del luteciense de las cercanías de Paris. Sin embargo, se distingue por sus costillas más numerosas, un poco más espaciadas hacia la convexidad de las vueltas, y por la ausencia de estrias espirales. Como todos los ejemplares son lisos, no es creíble que estas estrias hayan desaparecido en todos ellos por desgaste. Si se compara nuestra especie nueva con *A. Chaussyensis*, Cossm., se notará que se separa por sus vueltas no angulosas, lisas. En *A. exasperata*, Cossm., del eoceno del Loire inferior, las costillas axiales son menos destacadas; pero, en cambio, la ornamentación espiral es más marcada y regular. Entre los fósiles de las cercanías de Pau, descritos por Rouault, no encuentro ningún *Fusus* que pueda referirse á nuestra concha española.

He de añadir, no obstante, para completar su descripción, que las proporciones antes indicadas no son absolutamente constantes.

He hecho figurar (fig. 4) otro individuo más corto en el cual la última vuelta iguala á la mitad de la altura total, y que bajo este punto de vista parece mejor un *Siphonalia*: como todos los otros caracteres son idénticos, no creo que sea útil separar esta débil variedad con un nombre diferente, y me limito á mostrarla.

Localidad. Perauba.

Murex Cortazari, nov. sp.

Lám. A, figs. 6, 7 y 8. Tamaño triple del natural.

Talla pequeña, forma bastante ventruda, espira corta, cónica; siete vueltas convexas, subangulosas, con una rampa declive en la parte inferior; suturas lineales; siete costillas axiales, cortantes, sucediéndose más ó menos regularmente de una á otra vuelta, cruzadas en sus intervalos por cinco cordones espirales y obsoletos que producen sobre estas costillas nudosidades algo acentuadas, visibles sólo cuando la superficie está bien conservada. Última vuelta, igual á los $\frac{2}{3}$ de la altura total, atenuada en la base sobre la que se prolonga la ornamentación, hasta el cuello que lleva un reborde muriceo. Abertura estrecha, terminada por delante con un canal bastante corto y abierto. Labro dentado en el interior. Columela sinuosa, poco callosa.

Dimensiones. Longitud, 12 milímetros. Diámetro, $5\frac{1}{2}$ milímetros.

Relaciones y diferencias. Esta especie se parece mucho á *M. Septemcostatus*, A. Rouault, del eoceno de los alrededores de Pau; pero lleva una ornamentación espiral mucho más aparente, y, según la figura, parece que sea menos ventruda. El *M. Plini*, de Rainc., de la cuenca de Paris, tiene las vueltas más angulosas, la última mayor, y la superficie lisa.

Localidad. Perauba.

Sycum pyrenaicum, nov. sp.

Lám. B, figs. 14 y 15. Tamaño natural.

Talla gruesa, forma bulboide; espira un poco alargada, puntiaguda en el vértice; cerca de ocho vueltas, primero poco convexas y bastante elevadas, luego bajando gradualmente su altura hasta me-

nos del tercio de su ancho, de modo que el galbo de la espira se hace extracónico. Superficie lisa, salvo algunas arrugas espirales muy obsoletas, casi dudosas. Suturas lineales profundamente excavadas por efecto del recubrimiento sucesivo de las vueltas de espira. Última vuelta muy ancha, redondeada, excavada en la base, que se atenúa regularmente hasta el cuello un poco rechazado hacia fuera.

Dimensiones. Longitud probable, 70 milímetros. Diámetro, 35 milímetros.

Relaciones y diferencias. Aunque esta concha no está intacta, no dudo en separarla del *S. bulbiforme* á causa de su espira menos cónica, de sus vueltas más convexas, la última más redondeada por atrás. Por otra parte, tiene la espira más alargada que *S. bulbus*, y sus vueltas no son excavadas por atrás, como las de *S. pirus*. Si se la compara con *S. Globatum*, Desh., del bartoniano, se constata en seguida que su última vuelta es mucho más alargada, y que su espira es mucho más extracónica que la de la especie parisiense, á la cual se aproxima por su vaga ornamentación espiral.

Localidad. Perauba.

Potamides inæquirugatus, Cossm.

Lám. B, figs. 9 y 10. Tamaño natural.

1897.—*Estudio de algunos moluscos eocenos del Pirineo catalán*, pág. 20, lám. VIII, figs. 5 y 7.

Observaciones. Creo útil dar una nueva figura de esta concha, según ejemplares mucho menos mutilados que el figurado anteriormente.

Dimensiones. Longitud, 35 milímetros. Diámetro, 16 milímetros.

En las últimas vueltas, las rugosidades de la hilera inferior son casi cuadradas y parecen hasta bifidas: ocupan más del tercio de la altura de la vuelta; las otras dos son casi iguales entre sí. Sin embargo, por encima de la hilera superior hay un cuarto filete casi confundido con ella, y cuyas nudosidades, cuando son confluentes con las de esta hilera, producen el aspecto desigualmente rugoso que ha motivado el nombre de esta especie. La callosidad del borde columelar se extiende anchamente sobre la base, y ésta se destaca ha-

cia atrás formando una gotera con el labro. El canal anterior es muy corto y poco torcido.

Sobre otros fragmentos de la misma localidad se constatan igualmente las diferencias entre las tres líneas espirales de rugosidades; pero como no llevan las últimas vueltas, la hilera inferior no tiene aún la preponderancia.

Localidad. Perauba.

Potamides cf. Solerensis [Carez].

Lám. A, fig. 16. Tamaño triple del natural (ejemplar 13, lám. C, deformado por aplastamiento).—Lám. C, figs. 12, 13 y 14. Tamaño natural.

1884.—*Cerithium Solerense*, Carez. *Étude terr. cret. et tert. Nord Espagne*, pág. 435, núm. x; *Paleont.*, lám. IV, fig. 45.

Talla pequeña, forma muy estrecha; vueltas planas adornadas de cuatro líneas espirales de finas granulaciones, las dos superiores iguales, la tercera más fina, y la cuarta, por encima de la sutura, un poco más saliente, formando en las últimas vueltas una rampa subescalonada. Las granulaciones van unidas entre sí por pliegues axiales curvilíneos. Un par de carenas lisas marca la periferia de la base de la última vuelta, y es un poco excavada y adornada de cordones obsoletos. Borde columelar calloso y provisto de un pliegue muy obsoleto.

Dimensiones. Longitud, 35 milímetros. Diámetro, 6 milímetros.

Relaciones y diferencias. He querido completar la descripción de esta especie, de la cual el autor no debe haber conocido más que fragmentos, de suerte que no pudo observar el saliente que toma el cuarto cordón inferior cuando la concha se hace adulta. M. Carez la ha separado, con razón, de *C. cinctum*, á causa de su forma mucho más estrecha y de sus cordones más numerosos. Tiene mejor el galbo del *Pot. præcinctus*, Cossm.; pero se le distingue en seguida por sus cuatro cordoncitos desiguales (en vez de tres), y por su rampa posterior en las últimas vueltas, y, en fin, por su base provista de dos cordones lisos.

Localidad. Perauba.

Potamides Peraubensis, nov. sp.

Lám. A, fig. 15. Tamaño triple del ejemplar 19, lám. C.—Lám. C, figs. 18 22.
Tamaño natural.

Talla algo más que mediana, forma cónica algo estrecha; espira poligirada, aguda en el vértice; vueltas poco convexas, no escalonadas, casi tan altas como anchas, separadas por suturas que indica un pequeño filete espiral poco saliente. La ornamentación de cada vuelta se compone de tres cordones espirales: el de abajo, por encima del filete sutural, es muy finamente perlado; los otros dos cordones, iguales é igualmente espaciados, son más groseramente dentados por costillas axiales un poco oblicuas é inclinadas á la derecha del eje. En las últimas vueltas aparecen filetes intercalados; uno entre los dos cordones dentados, dos entre el cordón inferior y la línea perlada, y uno por encima del cordón superior.

Dimensiones. Longitud, 20 milímetros. Diámetro, 7 milímetros.

Relaciones y diferencias. No se puede confundir esta especie con *P. imbricatarius*, Cossm., de Puigcercós (loc. cit., pág. 22, lámina VIII, figs. 25-27, y lám. X, figs. 14 y 15). A pesar de la semejanza general, éste es mucho menos estrecho y no tiene las suturas escalonadas; su cordón perlado, por encima del filete sutural, caracteriza de modo muy especial su ornamentación.

Localidad. Perauba.

Potamides tactospira (1), nov. sp.

Lám. B, figs. 1, 2 y 3. Tamaño natural.

Talla regular, forma regularmente cónica; vueltas numerosas, cuya altura es los $\frac{2}{3}$ del ancho, y separadas por suturas poco visibles comprendidas entre dos cintas contiguas; nueve costillas axiales un poco curvadas, como las estrias de crecimiento, equidistantes, poco gruesas, casi borradas hacia las suturas adelante y atrás; ornamentación espiral compuesta, además de las cintas que encuadran las suturas, de tres cordones iguales, igualmente espaciados entre

(1) Etimología: *tactos* = regular.

si, con un pequeño filete intercalado entre el cordón superior y la cinta infrasutural solamente en las últimas vueltas; además, distínguense muy finas estrias espirales cuando la superficie está bien conservada. Base de la última vuelta casi plana, adornada de cordoncillos concéntricos que dibujan guilloquis, cruzándose con las costillas sinuosas y obsoletas representando los crecimientos. Borde columelar bastante calloso.

Dimensiones. Longitud probable, 50 milímetros. Diámetro, 19 milímetros.

Relaciones y diferencias. Por su ornamentación se parece mucho á *P. Palensis*, anteriormente señalado en las capas numulíticas de Ager (*Est. mol. eoc. Pir. cat.*, pág. 20, lám. VIII, fig. 3); pero no tiene las suturas escalonadas como este último, y su ornamentación espiral no es granulosa.

Localidad. Perauba.

Batillaria supracinota, nov. sp.

Lám. B, figs. 4 y 5. Tamaño natural.

Talla mediana; forma un poco conoide; espira aguda en su vértice; vueltas convexas subangulosas en el medio, separadas por suturas poco profundas; adornadas en el ángulo y por encima de la sutura inferior de dos líneas de nudosidades cortantes, y por delante, de dos cordones borrosamente dentellados por los pliegues de crecimiento. Entre la hilera inferior de nudosidades y la sutura hay otro filete espiral. La última vuelta excede del $\frac{1}{4}$ de la altura total, y es redondeada en la periferia de la base, en la cual hay cinco cordones espirales equidistantes cruzados por líneas sinuosas de crecimiento. Labro bastante profundamente escotado frente á la hilera superior de nudosidades. Borde columelar excavado y calloso.

Dimensiones. Longitud probable, 45 milímetros. Diámetro, 14 milímetros.

Relaciones y diferencias. He precedentemente descrito *B. Puigcercosensis* (loc. cit., pág. 19, lám. VIII, figs. 1-4), que difiere de la presente especie por sus vueltas no angulosas, por sus nudosidades formando costillas axiales y por la ausencia de cordones espirales por encima de la hilera superior. En cuanto á *B. biserialis*, Desh., es una concha mucho más hinchada y menos pupoide que *B. supra-*

cincta; además, no lleva los cordones superpuestos que caracterizan á ésta.

Localidad. Perauba.

***Diastoma hispanicum*, nov. sp.**

Lám. C, figs. 15, 16 y 17. Tamaño natural.

Talla algo inferior á la mediana; forma bastante corta y gruesa; espira turriculada de galbo casi cónico ó apenas conoide en el vértice; diez ó doce vueltas convexas, cuyo alto iguala los dos tercios del ancho, separadas por suturas profundas. Ornamentación compuesta de cóstulas axiales un poco curvilíneas, reemplazadas acá y acullá por espesas varices, cruzadas por cinco ó seis cordoncitos espirales desiguales, entre los que se intercalan otros filetes espirales, de modo que en las últimas vueltas hay en total una decena de cordones lisos, pero ondulando sobre las costillas; además, se distinguen finas estrias de crecimiento en los intervalos de las costillas. La última vuelta mide menos del tercio de la altura total, y es subangulosa en la periferia de la base, que es un poco excavada y lleva cinco ó seis cordones concéntricos. Columela lisa, excavada, no llevando por delante traza alguna de un canal espiral.

Dimensiones. Longitud, 26 milímetros. Diámetro, 8 $\frac{1}{2}$ milímetros.

Relaciones y diferencias. Aunque los ejemplares de esta especie no tienen la abertura intacta, y no he podido constatar que ésta se desprende de la base por el lado posterior, la ausencia completa de canal en la columela hace muy probable su clasificación en el género *Diastoma*.

Por otra parte, los *Potamides*, que tienen el mismo galbo y las vueltas varicosas, son *Exechestoma* cuya ornamentación es muy diferente; mientras que las cóstulas y cordoncitos de *D. hispanicum* se aproximan mucho á los del *D. costellatum*, Lamk., que es el tipo del género *Diastoma*. No obstante, nuestra especie nueva se distingue evidentemente de la concha lamarckiana por su forma más robusta, sus cóstulas más apretadas, sus varices más salientes, y, sobre todo, por sus cordoncitos espirales más groseros, más irregulares, más ondulados; además, la base de la última vuelta es más angulosa, y bajo este punto de vista se parece más á la de los *Exechestoma*. Hay,

pues, un poco de incertidumbre en la determinación genérica de *Diastoma hispanicum*.

Localidad. Perauba.

***Diastoma aciculatum*, nov. sp.**

Lám. A, fig. 9. Tamaño triple del natural.

Talla pequeña; forma aciculada; espira larga; galbo cónico; diez vueltas convexas de suturas profundas, varicosas, adornadas de cóstulas algo oblicuas obsoletas en las últimas vueltas á medida que las varices aumentan de grueso, y de cerca de ocho filetes espirales, muy regulares, poco salientes, que forman muy finas granulaciones sobre las cóstulas y sobre las varices. Última vuelta igual á poco más del tercio de la altura total; ovalada en la base, en cuyo punto se atenúan las cóstulas mientras que la ornamentación general persiste. Abertura pequeña, oval, de peristomo un poco desprendido en el ángulo inferior, reflejo y sinuoso por delante, donde no muestra traza de canal. Labro oblicuo engrosado por la última variz. Columela algo excavada, lisa; borde columelar estrecho, bastante calloso.

Dimensiones. Longitud, 6 milímetros. Diámetro, 4 $\frac{1}{2}$ milímetros.

Relaciones y diferencias. Esta especie es más estrecha y más aciculada que las pequeñas *Diastoma* de la cuenca de París. Se distingue, además, de *D. interruptum* por su ornamentación espiral menos grosera y por sus cóstulas borrosas. No tiene los pliegues axiales finos y apretados de *D. variculosum*, que se le aproximaría más por su ornamentación espiral. En cuanto á *D. multispiratum*, Cossm., es una especie de vueltas más estrechas y más convexas, y su última vuelta es más corta.

Localidad. Perauba.—Un ejemplar.

***Benoistia Bofilli*, nov. sp.**

Lám. A, fig. 14. Tamaño triple del ejemplar 27, lám. C.—Lám. C, figs. 23 á 27. Tamaño natural.

Talla pequeña; forma buccinoide; espira medianamente alargada, de galbo cónico; unas ocho vueltas convexas y hasta biangylosas, separadas por suturas profundas, adornadas con siete costillas nodulosas que no se suceden de unas vueltas á otras, y con cuatro cordo-

nes espirales, desiguales, granulosos en los intervalos de las costillas, con algunos filetes lisos en los intervalos: el más pequeño de los cordoncitos granulosos corre bordeando la sutura por encima. Última vuelta casi igual á la mitad de la altura total, redondeada en la periferia de la base, en la cual se desvanecen las costillas reemplazadas por algunos pliegues axiales, mientras que la ornamentación espiral y granulosa persiste hasta el cuello, que es muy corto y circunscrito por una pequeña depresión. Abertura oval con un pico corto y escotado por delante; columela casi recta, torcida hacia delante contra el pico; borde columelar delgado, liso, un poco separado desde el abultamiento hacia delante.

Dimensiones. Longitud, 16 milímetros. Diámetro, 9 milímetros.

Relaciones y diferencias. Muy afine al *B. muricoides*, esta nueva especie se distingue por sus costillas nodulosas no muricadas, por su ornamentación espiral, y, sobre todo, por su galbo más estrecho y por su borde columelar un poco destacado. En cuanto al *B. millegranum*, Cossm., que tiene costillas nodulosas, sus vueltas no son angulosas, y sus cordoncitos granulosos son mucho más numerosos y más finos.

Localidad. Perauba.

Benoistia pyramidatum, nov. sp.

Lám. C, figs. 8 á 11. Tamaño natural.

Talla mediana; forma trocoide, piramidal; espira corta, subulada, de galbo cónico; siete ú ocho vueltas estrechas, alguna vez un poco imbricadas hacia delante, enteramente aplanadas, sobre las cuales se extienden siete ú ocho costillas axiales, separadas, poco salientes, que no se corresponden de una á otra vuelta, acusándose la forma piramidal, sobre todo en las últimas vueltas, que tienen siete caras bien marcadas. Ornamentación espiral compuesta de seis cordones granulosos ó perlados, entre los cuales se intercala un filete más finamente perlado, todos muy apretados y muy regulares. Delante de cada vuelta por debajo de la sutura, hay un ángulo un poco saliente que da el aspecto imbricado al galbo de la espira. Última vuelta igual á los $\frac{3}{5}$ de la altura total y provista en la periferia de una carena festoneada por las costillas; base declive y poco convexa ó casi plana, adornada con cordones espirales apretados y alternantes, casi desprovistos de perlas y simplemente cruzados por estrias de crecimiento curvilíneas.

Abertura completamente cuadrangular, con un canal ó un pico rudimentario en el ángulo superior de la derecha; columela apenas excavada; borde columelar estrecho, poco calloso, bien aplicado sobre la base y sobre el pequeño abultamiento del cuello.

Dimensiones. Longitud, 24 milímetros. Diámetro, 16 milímetros.

Relaciones y diferencias. La singular concha que acabamos de describir tiene casi completamente el galbo de un *Trochus*; pero lleva costillas axiales que faltan generalmente en los *troquidos*, y además tiene la superficie absolutamente desprovista de trazas de nácar, hasta en aquellas partes donde hay fracturas; en fin, su abertura, aunque mutilada en todos los ejemplares que conocemos, debía llevar un canal muy corto, ó mejor un pico basal. Este carácter, unido al de la ornamentación que recuerda un poco la de los *Benoistia*, me decide á colocarla en este género mejor que en el *Trochocerithium*, creado por M. Sacco y por mí, para *Trochus turrutus*, Bas., del Helveciano del Piamonte (*Moll. terz. del Piem.*, part. XII, página 26, lám. IV, figs. 58-64). En efecto: la especie piamontesa, con sus vueltas excavadas, simplemente surcadas, con su carena anterior y dentellada, parece mejor un *Trochus* que nuestra concha numulítica de los Pirineos, y además su canal está mejor formado. A pesar de las diferencias que existen entre *B. pyramidata* y *B. muricoides*, yo no creo que se pueda clasificar las dos en géneros diferentes, por lo menos en tanto que el conocimiento de la abertura completa de la nueva especie no permita confirmar esta determinación genérica.

Localidad. Perauba.

Benoistia Vidali, nov. sp.

Lám. B, figs. 6, 7 y 8. Tamaño natural.

Talla bastante grande; forma muricoide; espira un poco alargada, de galbo cónico; cerca de diez vueltas angulosas ó subespinosas, cuya altura iguala á la mitad del ancho medido en el ángulo, separadas por suturas lineales y ligeramente ribeteadas. Ornamentación compuesta de ocho costillas axiales, sucediéndose casi regularmente en pirámide, aunque muy atenuadas en la sutura, sobre todo salientes y agudas en el ángulo mediano de cada vuelta; cordoncitos espirales desiguales y granulosos, dos gruesos encima del ángulo, tres más débiles debajo, con otros filetes intercalados con más ó menos

regularidad. Las granulaciones obsoletas de estos cordoncitos van unidas entre sí por pliegues de crecimiento muy finos y un poco sinuosos. Última vuelta igual a la mitad de la altura total, de base un poco convexa por encima del ángulo, adornada como la espira con dos ó tres cordoncitos entre los cordones principales que llevan granulaciones bastante fuertes, mientras que las costillas se atenúan poco á poco, de modo que no quedan sino algunos pliegues axiales irregulares hacia el cuello, muy corto y apenas doblado ó ligeramente excavado. Abertura corta, oval, con una estrecha gotera en el ángulo inferior, terminada por delante con un pico corto, sinuoso ó apenas escotado en la punta. Labro casi vertical, engrosado por la última costilla, liso ó solamente laciniado en el interior por la traza en hueco de los cordones espirales. Columela un poco excavada por atrás, débilmente doblada por delante contra el pico, desprovista de pliegues; borde columelar estrecho, poco caloso, bien aplicado sobre la base, salvo hacia la gotera parietal, donde tiene tendencia á separarse.

Dimensiones. Longitud, 36 milímetros. Diámetro, 17 milímetros.

Relaciones y diferencias. Interesante especie que se acerca á *B. muricoides*, Lamk., de la cuenca de Paris, por su ornamentación, aunque sus vueltas sean más angulosas y más espinosas; pero se distingue, sobre todo, por su espira más alargada que le da un galbo mucho menos hinchado y menos buccinoide. Su talla es relativamente grande para el género *Benoistia*, que reemplaza, como es sabido, la denominación *Bachytrema*, reservada á las conchas jurásicas. *B. carinulata*, Desh., de la caliza basta parisiense, que tiene un ángulo continuo en cada vuelta, no tiene una ornamentación axial tan pronunciada, ni una forma tan alargada. No citaré sino para memoria *B. millegranus*, Cossm., y *B. Dumasi*, Cossm., que no tienen esta ornamentación espinosa.

Localidad. Perauba.

Goniobasis? Vidali, nov. sp.

Lám. B, figs. 11, 12 y 13. Tamaño natural.

Talla mediana; forma turriculada, bastante abultada en la base; espira cónica, subulada, muy aguda en el vértice, que adquiere un galbo hasta un poco extracónico; vueltas planas, de las cuales la al-

tura iguala á la mitad del ancho con suturas lineales, llevando vagas ondulaciones axiales más visibles hacia la sutura inferior, y adornadas espiralmente de seis ranuras estrechas que separan cintas mucho más anchas, aplastadas, y á veces bifidas. Última vuelta igual á los $\frac{2}{3}$ de la altura probable; subangulosa en la periferia de la base, que es convexa, bastante elevada, adornada en espiral como la espira, sin traza de pliegues axiales. Abertura un poco angulosa, no canaliculada; columela excavada, poco calosa, sin pliegues.

Dimensiones. Longitud probable, 35 milímetros. Diámetro, 13 milímetros.

Relaciones y diferencias. Se hace muy difícil la clasificación de esta especie: su galbo y su ornamentación la separan de los verdaderos *Goniobasis*. Su labro no parece sinuoso, á juzgar por las líneas de crecimiento. De otra parte, no me parece posible colocarla en el género *Bayania*, cuya espira tiene un galbo más bien pupoide y cuya abertura es más oval.

Es probable que, cuando se conozcan ejemplares con la abertura intacta, se verá la necesidad de clasificarla en un nuevo corte genérico.

Localidad. Perauba.

Turritella ataciana, d'Orb., var. *peraubensis*, nov. var.

Lám. C, figs. 28, 29 y 30. Tamaño natural.

(Vide Cossm., loc. cit., pág. 43, lám. IX, figs. 7 y 8.)

Observaciones. Precedentemente, en 1898, he reunido *T. trem-pina*, Carez, á *T. ataciana*, d'Orb., porque esta especie es extremadamente variable y es bien difícil separar los individuos de Figols-de-Tremp de los de Marcillat, en el Ariège. Al contrario, los dos ejemplares de Perauba que hago figurar, presentan por su ornamentación un aspecto algo diferente que constituye una variedad bien distinta, tanto, que hasta se podrá erigir esta variedad en especie si estas diferencias se llegan á encontrar constantes en un gran número de ejemplares.

Cada vuelta lleva una carena anterior y seis cordones un poco menos salientes, inequidistantes: los tres inferiores son más próximos entre sí; todos son muy finamente granulados en la intersección de

las estrias de crecimiento, que son muy poco sinuosas; en sus intervalos se distinguen estrias excesivamente finas.

Relaciones y diferencias. Esta variedad, que tiene el mismo galbo que los ejemplares figurados por M. Carez bajo el nombre *T. trempina*, y por mí bajo el de *T. ataciana*, se distingue por la regularidad de su ornamentación espiral, que tiene un aspecto más finamente granuloso, mientras que los cordones de la especie precitada parecen lisos.

Localidad. Perauba.

***Turritella cylindracea*, nov. sp.**

Lám. C, figs. 1 á 4. Tamaño natural.

Talla bastante grande; forma cilíndrica, muy alargada; ángulo espiral de 4 á 60 á lo más; vueltas numerosas, planas ó subexcavadas en medio, imbricadas hacia delante, aunque no carenadas, cuya altura es casi igual á su longitud, separadas por suturas profundas no canaliculadas; en las primeras vueltas siete cordones espirales mezclados con filetes más finos; pero á medida que la concha se hace adulta, los cordones principales se hacen menos salientes y se confunden con los filetes, de modo que se pueden contar una quincena sin contar otros más finos é intercalados. Ningún cordón sobresale en el ángulo redondeado que da el aspecto imbricado al galbo anterior de cada vuelta; estrias de crecimiento sinuosas.

Dimensiones. Longitud probable, 90 milímetros. Diámetro, 9 á 10 milímetros.

Relaciones y diferencias. Según ha señalado ya M. Carez, las turritelas pirenaicas de España se distinguen por su forma estrecha y alargada; pero ésta es aún más cilíndrica, y su ángulo espiral es uno de los más pequeños que conozco. Se separa, además, de *T. trempina*, Carez, por la ausencia de carena anterior, por sus filetes, más numerosos y más finos en las vueltas adultas. Por otra parte, *T. rodensis*, Carez, es una concha más gruesa, de vueltas más convexas y no imbricadas, sino solamente excavadas por delante y cuyos cordones espirales son más groseros.

Localidad. Llers (Gerona).

***Melanopsis Malladae*, nov. sp.**

Lám. C, figs. 5, 6 y 7. Tamaño natural.

Talla mediana; forma gruesa, mitroide; espira corta, de galbo cónico, aguda en el ápice; seis vueltas cuyo crecimiento disminuye con la edad, las últimas un poco convexas por delante y cóncavas por atrás por encima de la sutura, que es lineal; superficie lisa. Última vuelta igual á los $\frac{5}{6}$ de la altura total, subangulosa por atrás por encima de la rampa suprasutural, oval en medio y en la base que lleva un abultamiento en el cuello correspondiente á los crecimientos de la escotadura de la abertura; ésta debía ser oval con una gotera posterior y un débil canal entallado en la base; labro probablemente sinuoso en el ángulo posterior de la última vuelta, como lo indican las estrias de crecimiento; columela excavada y lisa, torcida por un pliegue cerca del canal, provista de una enorme callosidad que se destaca delante de la abertura umbilical contra el abultamiento.

Dimensiones. Longitud, 22 milímetros. Diámetro, 8 milímetros.

Relaciones y diferencias. Llevo descrito (loc. cit., pág. 12, lámina VIII, figs. 21 y 22) un *Melanopsis* de Santa María de Meyá, referido á *M. Vicentina*, que pertenece á un grupo distinto por su espira afilada y que no tiene la última vuelta angulosa y la callosidad de ésta. Además, existe en Mongai (Huesca) otra especie asimilada á *M. ancillaroides*, que se separa de ésta por su espira más alargada y su última vuelta más corta y no angulosa.

Localidad. Perauba.

***Nerita Vidali*, nov. sp.**

Lám. A, figs. 10 á 13. Tamaño triple del natural.

Talla bastante pequeña; forma semielipsoidal; espira casi nula y aplastada en el ápice; última vuelta formando toda la concha, arqueada ó débilmente angulosa en la periferia del aplastamiento inferior, redondeada por delante, manchada de lineolas pardo-oscureas, de superficie enteramente lisa. Abertura semicircular, ensanchada, de peristomo cortado en bisel, finamente dentellado en el interior

del labro y en los bordes del septum columelar, que es excavado en su medio; borde columelar extendido sobre la base y enlazándose por sus extremidades con las prolongaciones lamelosas del contorno del peristomo.

Dimensiones. Diámetro mayor, 10 milímetros. Diámetro menor, $7\frac{1}{2}$ milímetros. Espesor, 5 milímetros.

Relaciones y diferencias. Esta especie recuerda mucho por su galbo y por su abertura *N. Baylei*, Vasseur, del eoceno del Loire inferior; mas se distingue por su forma menos redondeada, más alargada transversalmente, por su abertura aún mayor, por su borde columelar más extendido, por su septum más escotado, en fin, por sus lineolas pardas menos anchas y formando dibujos más finos. No conozco en el eoceno del Vicentino especie alguna que le pueda ser comparada.

Localidad. Perauba.

***Pycnodonta peraubensis*, nov. sp.**

Lám. C, figs. 31, 32 y 33. Tamaño natural.

Talla relativamente pequeña; forma globulosa, subtrigona; valva inferior hinchada, poco regular; nates agudo y saliente; impresión muscular situada bastante alta; valva superior poco combada. Superficie lisa, simplemente marcada por los crecimientos.

Dimensiones. Altura, 28 milímetros. Diámetro transversal, 25 milímetros.

Relaciones y diferencias. Aunque esta especie no está representada sino por ejemplares poco caracterizados, como no conozco especie semejante en este grupo, salvo las formas parisienses, que son bien diferentes, no vacilo en describirla para señalarla á los paleontólogos. *O. cymbiola*, Desh., es mucho más alargada, y *O. Defrancei*, Desh., es menos jibosa. Por otra parte, el nates de nuestra nueva especie pirenaica parece ser muy poco desviado hacia la izquierda, y es notable por la expansión aliforme de su contorno lateral izquierdo.

Localidad. Perauba.

Explicación de las figuras. Fig. 31. Valva grande vista por la cara exterior.—Fig. 32. La misma vista por la cara interna.—Figura 33. Valva pequeña de otro ejemplar, vista por la cara exterior.

Todas las especies estudiadas en el presente trabajo, figuran en la Colección de D. Luis Mariano Vidal, en Barcelona, quien las ha recogido en sus excursiones geológicas, remitiéndomelas para contribuir al conocimiento de la fauna del eoceno Catalán. Excepto una, que pertenece á un yacimiento situado en Llers, provincia de Gerona, todas las demás las ha encontrado en Perauba, provincia de Lérida.

NOTA

SOBRE ALGUNOS VEGETALES TERCIARIOS DE CATALUÑA

POR

P. FLICHE

Profesor en la Escuela Forestal de Nancy.

Durante sus estudios geológicos por los terrenos terciarios de Cataluña, los Sres. Vidal y Depéret han recogido algunas impresiones vegetales que han tenido la atención de comunicarme para estudiarlas; expresándoles mi reconocimiento, paso á dar los resultados que he obtenido.

No he tenido á la vista todos los ejemplares encontrados, porque de algunos, que por lo demás corresponden á tipos bien conocidos, su gran peso dificultaba el transporte, y sólo he examinado de ellos unas excelentes fotografías. Ya cuidaré de indicar, en la descripción de los fósiles, los que están en este caso. En cuanto á los otros, son, como he dicho, impresiones que proceden exclusivamente de órganos foliares; la roca en que se les encuentra consiste siempre en una caliza dura, de fractura irregular y grano bastante fino. Es de color variable: gris muy claro, gris obscuro y hasta negruzco; en este caso se encuentran los ejemplares más numerosos, que son los que llevan el nombre de *Laurus Vidali*, nov. sp. Esta última coloración, siendo indudablemente debida á una pequeña cantidad de materia orgánica que tiñe la roca, uno de los ejemplares (fig. 4) presenta hasta las dos coloraciones separadas muy claramente por un plano paralelo á la impresión que se halla en la parte negruzca.

Como las fracturas, según se acaba de ver, son muy irregulares, no se producen en los sitios donde las impresiones se encuentran, de modo que nunca resulta una hoja completa, y sólo la impresión de

la del *Cinnamomum lanceolatum* es casi entera. Las impresiones de hojas pueden ser apenas coloreadas, como pasa en esta última; pero, por lo general, lo son y destacan fuertemente sobre la roca: este color puede ser debido al óxido de hierro, pero más habitualmente á la substancia carbonosa que de ordinario se encuentra en muy pequeña cantidad y siempre totalmente desprovista de estructura. Las hojas se hallan muy claramente aisladas, y rara vez se ve sobre la roca restos carbonosos informes. Sólo se ven trazas de éstos en la figura 4.

Las hojas se hallan sin orden en la roca: unas veces aisladas y á distintos niveles, otras en planos casi perpendiculares entre sí. Alguna hoja se presenta en una superficie curva (fig. 5), lo bastante para que no sea fácil fotografiarla bien. Los contornos de las hojas son, en general, muy bien conservados y muy limpios; la nervación se ha conservado de un modo más irregular, y puede á veces reducirse al nervio principal, ó á éste y á los secundarios; sobre ciertos ejemplares puede quedar aún lo bastante para permitir darse cuenta de cómo era: esto ocurre sobre todo en la especie más interesante por su relativa frecuencia, y porque parece corresponder á un tipo no descrito aún.

No sólo el número de las muestras recogidas por los Sres. Depéret y Vidal es limitado, sino que se refiere á un corto número de especies. Entre ellas no hay traza alguna de Cryptógamas ni de Gymnospermas; las Angiospermas están representadas por una monocotyledónea y por seis dicotyledóneas.

MONOCOTYLEDÓNEAS

PALMERAS

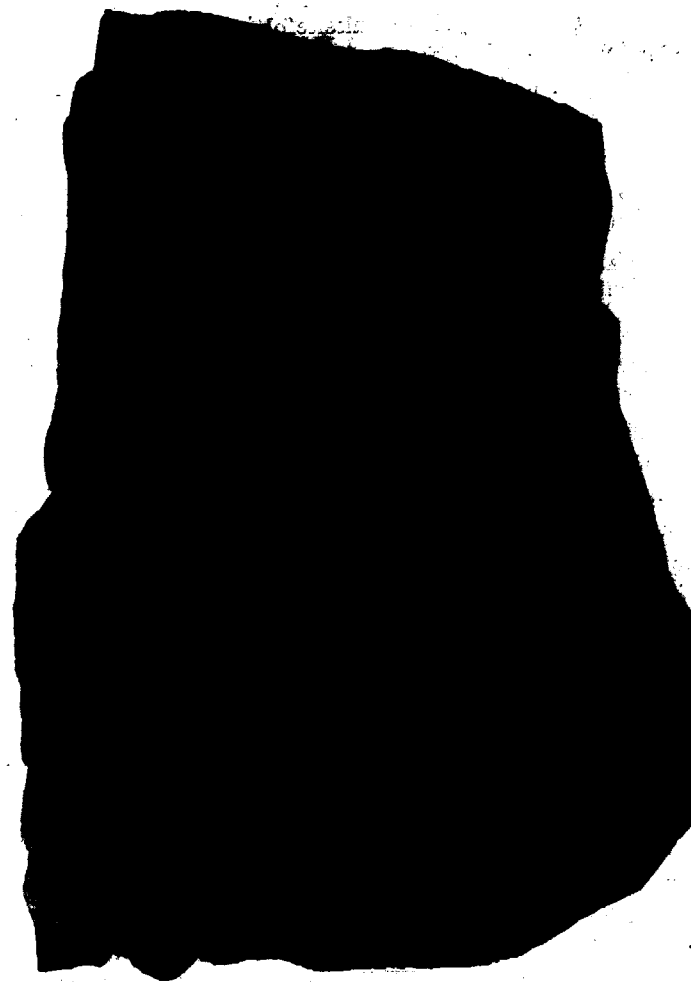
Sabal major, Heer.

Heer, *Flora tertiaria Helvetica*, I, pág. 88.

Esta impresión, de la cual sólo tengo á la vista la fotografía reducida al tercio que representa la figura adjunta, no sólo pertenece á una palmera, sino á una palmera de hojas palmeadas. Además, el raquis y lo que se ve de peciolo son enteramente de un *sabal*; entre los *sabal*, aunque la determinación hecha sobre un solo ejemplar deja lugar á alguna duda, me parece cierto que se trata de la especie nombrada. Todo, las dimensiones del peciolo, del raquis, de los

pliegues del limbo, el número de éstos, recuerdan el *S. major* y lo alejan de las demás especies terciarias, que son ciertamente distintas.

El *Sabal major*, que presenta afinidades incontestables con el *S. umbraculifer*, viviente en Cuba y otras Antillas, es una especie que



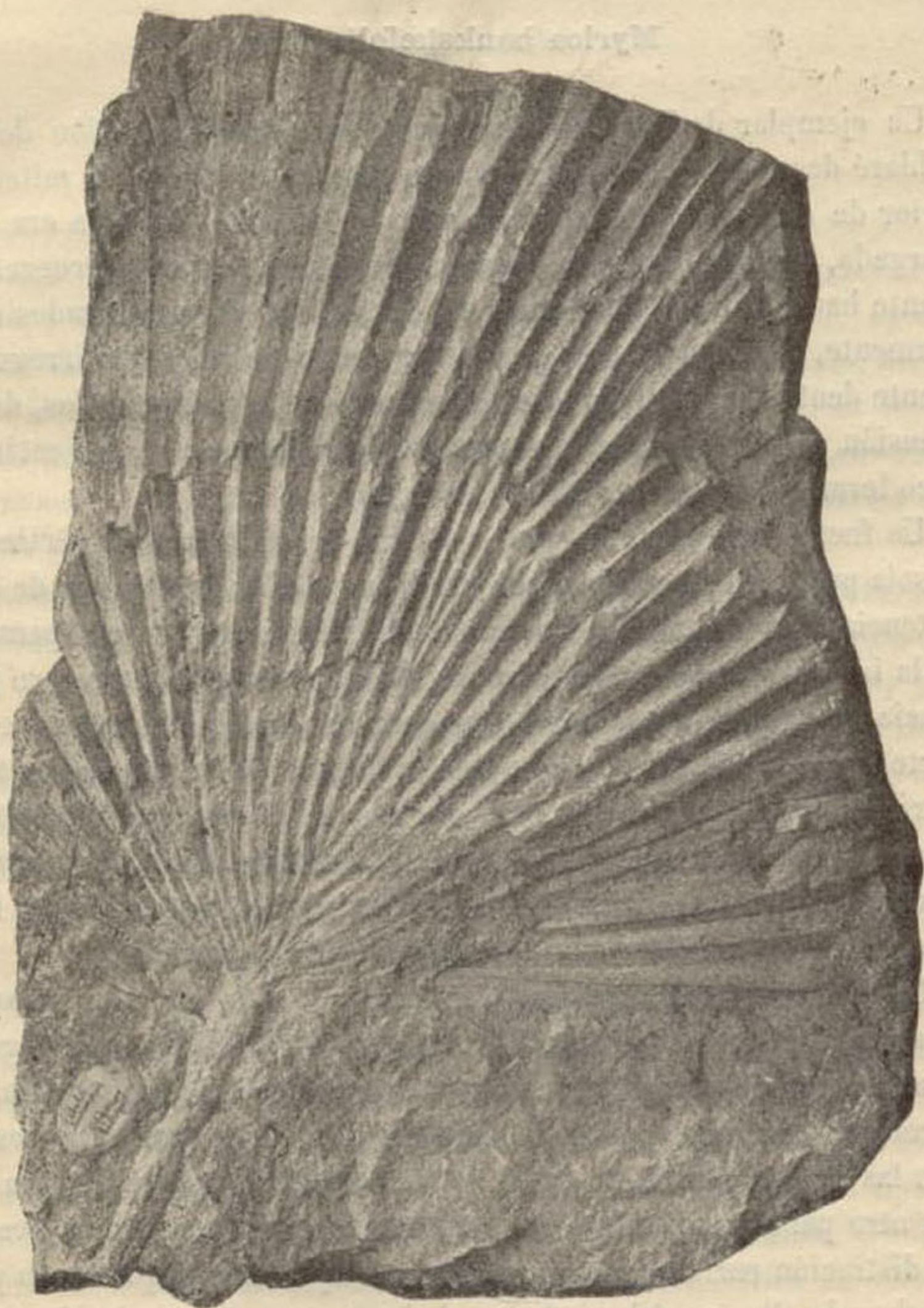
Cliché de M. Font y Sagué.

empieza en el oligoceno y acaba en el tramo medio del mioceno, entendido en su sentido más lato.

Localidad. Tárrega.

pliegues del limbo, el número de éstos, recuerdan el *S. major* y lo alejan de las demás especies terciarias, que son ciertamente distintas.

El *Sabal major*, que presenta afinidades incontestables con el *S. umbraculifer*, viviente en Cuba y otras Antillas, es una especie que



Cliché de M. Font y Sagué.

empieza en el oligoceno y acaba en el tramo medio del mioceno, entendido en su sentido más lato.

Localidad. Tárrega.

DYCOTILEDÓNEAS

MYRICACEAS

Myrica banksiaefolia, Ung.?

Un ejemplar de Tárrega lleva, junto con otra impresión de que hablaré después, la de un fragmento grande de hoja en la mitad inferior de ésta, faltando sólo un poco de la base. La hoja era muy alargada, bastante estrecha para su longitud, atenuada progresivamente hacia la base; los bordes del limbo, sin ser conservados íntegramente, lo son bastante para poder constatar que eran irregularmente dentados; los dientes eran bastante poco pronunciados, de dimensión un poco variable, y examinándolos bien, se ve que están un poco levantados hacia el vértice de la hoja.

Un fuerte nervio medio que se atenúa desde la base al vértice, es la sola parte ciertamente visible de la nervación; la hoja era de consistencia bastante coriácea: todos estos caracteres y la comparación de la impresión con buenas figuras, demuestran que estamos en presencia de una de estas hojas tan comunes en el oligoceno y en la parte inferior del mioceno que se han llevado de las Protáceas á las Myricáceas y recíprocamente; pero que hoy se ponen generalmente, y parece con razón, en la última de estas familias. En el fósil español pasa, como en la generalidad, que la nervación, por ser muy fina, desaparece en la fosilización, excepto el nervio principal.

La especie tipo de este grupo de formas, y á la vez la más esparcida, es la *Myrica lignitum* (Ung. sp.), Saporta. Se han distinguido muchas otras con nombres específicos; entre ellas el fósil español me parece aproximarse más á *M. banksiaefolia*, Ung., por lo menos según las figuras 3 y 4, lám. CX, de *Flora tertiaria Helvetica*, sin que por otra parte sea posible dar una determinación específica exacta. La distinción entre todas estas formas muy afines, y que acaso para muchas de ellas no debería haber dado lugar á diferenciación específica, si sobre ejemplares buenos se hace muy difícil, se hace difícil para un ejemplar mediano, como es el de Tárrega; por otra parte, una elección entre estas varias especies, si especies son, sería sin interés: todas ellas parecen mucho por su aspecto y muy probablemente por las exigencias biológicas. Todas suministran las mismas

indicaciones de edad, siendo plantas que han tenido su principal expansión en el oligoceno, aunque persistiendo en los tramos inferiores del mioceno.

Localidad. Tárrega.

LAURINEAS

Laurus (Phoebe) Vidali, nov. sp.

Lám. D, figs. 1, 2, 3, 4 y 5.

Foliis coriaceis, lanceolatis, elongatis, longitudine circiter 7-10 milim.; latitudine 14-26 milim. meticutibus; basi acutis, apicum versus valde acuminatis; margine integro paulisper undulato; nervatione camptodroma; nervo primario recto prominente; nervis secundariis utrinque 5-8 sub angulo 20°-25° orientibus plus minus rectis seu armatis, aliquando paulisper apicum versus; undulatis, nervis tertiariis sat prominulis.

Cinco impresiones de hojas, de las que ninguna es completa, pero que casi todas están muy cerca de serlo, pertenecen evidentemente á la misma especie; la nervación no está del todo conservada, pero se puede verla; sobre todo en la figura 2 lo está bastante para darse cuenta hasta del cuarto orden de nervios, si bien este último es muy poco visible.

Se trata de una hoja de consistencia coriácea, lanceolada, alargada, acuminada, de bordes enteros frecuentemente un poco ondulados, de nervación pennada débilmente camptodroma, destacándose las más veces las nervaciones terciarias á ángulo recto de las primarias y secundarias, y ofreciendo la mayor analogía con las Laurineas actuales y con las fósiles de la misma familia. Si es fácil clasificar una hoja en la familia de las *Laurineas*, lo es mucho menos hallar su determinación genérica, excepto para algunos géneros de tipo foliar muy acusado, como los *Sassafras* y los *Cinnamomum*; y aún es bueno hacer observar que la nervación tan característica de este último género, por lo menos en cuanto á los nervios principales, no le es absolutamente especial en la familia. No obstante, he de advertir que la nervación del fósil que nos ocupa se distingue bastante bien por sus nervios secundarios poco numerosos, levantados, corriendo largo rato casi paralelamente á los bordes del limbo, alguna vez un poco ondulados hacia su extremidad, pareciendo soldarse rara vez y

bastante indistintamente por su extremo con el nervio inmediatamente superior; los nervios secundarios bastante espaciados, destacándose generalmente á ángulo recto, formando con algunos nervios cuaternarios un tejido flojo y algo irregular; no se pueden ver los nervios de orden inferior.

Esta nervación, que no es especial á uno de los géneros establecidos, sea á los de larga fecha, sea á los que recientemente se han creado á expensas del género *Laurus* en su sentido lato, es, sin embargo, bastante característica: excluye al género *Laurus* propiamente dicho, y, por consiguiente, ha conducido á la mayor parte de los paleontólogos á determinaciones genéricas quizás un poco demasiado precisas cuando no se trata de formas bien claramente afines á especies vivientes, si no es que le sean idénticas.

Las hojas de Sarreal se aproximan á algunas especies fósiles ya descritas; por ejemplo, al *Laurus vetusta*, Sap., de Sezanne, que su autor había aproximado á las *Persea* y también á las *Phoebe*, y que Schimper ha dado definitivamente como una especie del primer género: la figura de Saporta ha exagerado un poco los caracteres de la nervación fuera de los nervios secundarios, según se puede ver comparándola con el ejemplar tipo que se conserva en el *Museum*. Este ejemplar confirma, por lo demás, las analogías de la especie y del fósil que estudiamos en este momento, con diferencias, sin embargo, sobre todo en la talla, no permitiendo los nervios terciarios la identificación.

La semejanza es mayor con la *Nectandra arcinervis*, Ett., de Bilin ⁽¹⁾, por lo menos con la figura 2, dada por el autor, porque su especie parece formada de elementos heterogéneos, y sin duda por esto ha sido pasada en silencio por Schimper. Es, en efecto, difícil admitir que la figura 1, sobre todo, pertenezca á un mismo vegetal que la figura 2, habiendo tanta diferencia en la nervación, grosor y trayecto de los nervios secundarios.

A pesar de la gran analogía que hay entre nuestro fósil y la figura 2 de dicho autor, analogía que es la mayor que he encontrado con especies ya descritas, hay diferencias demasiado considerables para admitir la identificación, por lo menos mientras no se disponga de ejemplares más numerosos y mejores. Así, la talla puede ser

(1) C. v. Ettingshausen, *Die fossile flora des Tertiär Beckens von Bilin*, primera parte, 1868, pág. 3, lám. XXXIII, figs. 1-3.

idéntica, como pasa en nuestra figura 4; pero las más veces la hoja de Sarreal es sensiblemente mayor; las nervaduras terciarias se destacan con más regularidad á ángulo recto, y son un poco más separadas que en el *N. arcinervis*; las extremidades de los nervios secundarios parecen también en esta última encorvarse menos frecuentemente en la base y soldarse más frecuentemente y más rápidamente; el conjunto de la nervación parece también estar un poco más acusado. Por todas estas razones, me ha parecido preferible crear para la planta española un nuevo tipo específico, al cual he dado el nombre del geólogo que me ha comunicado los elementos de este estudio.

Si el fósil de Sarreal presenta grandes analogías con algunas especies fósiles, sobre todo con las dos que acabo de nombrar, las presenta también con muchas especies vivientes, como he podido ver al estudiar la rica colección de laurineas del herbario del *Museum*. He encontrado principalmente estas semejanzas en las *Phoebe*, género al cual Saporta se inclinaba á referir su *L. vetusta*, de Sezanne, tanto como á las *Persea*.

La especie que me ha ofrecido más analogía con la planta fósil, es la *P. pallida*, Nees, de las Indias Orientales. De una y otra parte, las dimensiones de la hoja son bastante variables, puesto que he encontrado en los ejemplares del *Museum*, como términos extremos, 55 milímetros de longitud por 15 á 16 de ancho, y 115 milímetros de longitud por 30 milímetros de ancho; la forma es la misma, salvo que en la especie actual hay un poco más de tendencia á llevar el ancho máximo en la segunda mitad del limbo; la hoja es además un poco más acuminada; pero en la viviente como en la fósil es muy entera, un poco ondulada á veces y un poco replegada en el borde; en ambas el número, dirección y recorrido de las nervaciones secundarias son iguales, y algunas, más débiles que las otras, no alcanzan el borde del órgano; en la especie viviente y en la fósil las nervaciones son también alternas, algunas veces subpuestas, tal vez con alguna mayor tendencia á la oposición en la fósil respecto de las secundarias, destacándose las terciarias, más ó menos pronunciadas, normalmente de éstas.

Como se ve, si hay entre las hojas fósiles y las del *L. pallida* diferencias suficientes para no admitir, al menos provisionalmente, la identidad, sobre todo ante una conservación de aquéllas no muy perfecta, no puede negarse que se trata de dos formas muy afines. Por

esto he añadido entre paréntesis al nombre genérico muy lato *Laurus* el de *Phæbe*, que me parece el más indicado tratándose de establecer cortes genéricos más precisos.

La presencia en el terciario español de una forma muy afine á una especie de la India, no debe sorprender: si exigía las mismas condiciones de vida que su congénere actual, puede deducirse que la localidad donde se encontraba disfrutaba de un clima simplemente templado y húmedo. El *P. pallida*, en efecto, sube en el Himalaya á una altitud de 5000 pies ingleses (unos 1800 metros), y busca los barrancos húmedos (1). Además, es un árbol pequeño; así es que es posible, y hasta probable, que también lo fuese la especie fósil.

Sassafras, sp.?

Lám. D, fig. 7.

Se ha encontrado en Tárrega una impresión de hoja trilobada, por desgracia incompleta y en mediano estado de conservación, por cuanto fuera de las nervaciones principales de cada lóbulo no queda casi nada de la nervación, si bien está en su mayor parte intacto el contorno de la hoja.

Es visible que los bordes, en la parte común y en los lóbulos, son perfectamente enteros; que además la base del limbo era *decurrente* hacia un peciolo del cual queda una traza muy clara. La presencia de un peciolo, independientemente del carácter que proporciona para la descripción del fósil, demuestra que nos encontramos con una hoja individual ó con una foliola de hoja compuesta, pero no con un fragmento de una gran hoja digitada. La atribución del fósil á una foliola de hoja compuesta es bien poco probable, porque la longitud del soporte (peciolo ó peciolulo), la talla del limbo, su escotadura profunda y muy regular, sin excluir del todo la idea de que se trate de una foliola, son ciertamente más favorables á la idea de una hoja simple.

Entre las que hay descritas al estado fósil, ésta presenta las mayores analogías con buen número de las que se han referido al género *Sassafras* ó á otro cualquier género de laurinea de hoja trilobada.

(1) J. S. Gamble, *A Manual of Indian timbers*, segunda edición: Londres, 1902, pág. 567.

Así es, que Saporta (1), al hacer notar la extremada semejanza de una especie del mioceno de Bois-d'Asson con los *Sassafras*, la coloca en el género indeterminado *Daphnogene* bajo el nombre *D. lobata*, á causa de la persistencia de sus hojas y de las glándulas que presenta en el arranque de sus dos gruesas nervaciones basilares.

Sea lo que fuere de esas formas algo anormales, el género *Sassafras* parece haber aparecido muy pronto, quizás desde el origen de las angiospermas (2), ó poco menos, y haberse conservado bajo formas análogas á las de la especie que vive aún hoy día en la América del Norte; parece también bastante probable que el *S. ferretianum*, Mass., del mioceno reciente y del plioceno, le es idéntico.

No sólo los *Sassafras* tienen un origen muy antiguo, sino que han tenido una distribución geográfica mucho más extensa que hoy; así es que han abundado en las floras terciarias europeas de la base del eoceno, en Sizonne, hasta el mioceno y el plioceno de Italia.

Como antes he dicho, la hoja trilobada de Tárrega presenta con la de los *Sassafras* la mayor analogía, por la forma general de la hoja trilobada, su peciolo, su limbo decurrente hacia éste con un ligero abultamiento por encima de él, los bordes muy enteros de la hoja, los lóbulos bastante iguales, los senos redondeados, y por lo que queda de la nervación terciaria, que es bien poco. Acaso la consistencia de la hoja era más sólida que en el *Sassafras officinale* actual, y se aproximaba á la del *D. lobata*, Saporta, de Bois-d'Asson; pero es imposible deducirlo de una fotografía, que es lo único que tengo á la vista.

La presencia de un *Sassafras* en las capas terciarias de Tárrega no tendrá, como digo, nada de sorprendente; pero es desde luego imposible arriesgar aproximación específica alguna, tanto más cuanto que muchas especies fósiles, más ó menos legítimas, proceden de ejemplares muy medianos. Nótese, no obstante, que la especie más afine no es el *S. primigenium*, Sap., del eoceno de Sézau; la planta española se aparta por sus lóbulos menos hinchados y su talla mucho menor (aunque este último carácter sea de poco valor).

(1) *Etude*, etc., tercera parte. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 5.ª serie, VIII, 4867.

(2) M. Fontaine (*The Potomac and younger mesozoic Flora*) señala tres especies de *Sassafras* en las capas del Potomac. Aun haciendo las reservas consiguientes á algunos ejemplares muy imperfectos, y con una nervación en general muy incompleta, parece cierta, ó por lo menos muy probable, la presencia del género en este terreno.

Cinnamomum lanceolatum (Ung.), Heer.

Lám. D, fig. 6.

El género *Cinnamomum* es uno de los más extensamente representados en las floras terciarias europeas, no sólo por el número de ejemplares, sino por el de formas. Estas parecen haber sido bastantes y hasta muy variables en una misma especie, como sucede en los *Cinnamomum* actuales; sin embargo, en medio del gran polimorfismo de las hojas terciarias del género, hay un cierto número de formas bastante acusadas, que aparecen á niveles bastante diferentes para que, con todas las reservas consiguientes en tales casos, se puedan considerar como formas específicas. De este número es el *C. lanceolatum* (Ung.), Heer, del cual una muy bonita impresión casi completa se ha hallado en Cervera (provincia de Lérida). Está muy bien caracterizada por la forma largamente lanceolada de las hojas. Es una especie que se encuentra desde el oligoceno inferior hasta el fin del mioceno. Aunque la especie haya sido figurada muchas veces, doy una figura del ejemplar de España porque es muy bueno, faltando sólo la extremidad de la punta, ya que no se ha figurado, que yo sepa, ninguno del Pirineo español, y además, porque es notablemente alargado dado su ancho, que no pasa de 12 milímetros. Bajo este punto de vista, los ejemplares ya figurados que más se le parecen son los de la fig. 16, lám. XXXIII de la *Flora* de Bilin, que, no obstante, es un poco más ancho, y mejor aún los de los ejemplares de Manosca, figs. 12 y 15, lám. IV de los *Études sur la végétation du Sud-Est de la France*, tercera parte, IV, por De Saporta.

ERICÍNEAS

Leucothöe (Andromeda) primigenia, Ung. sp.

La impresión de una hoja de Tárrega sobre el mismo ejemplar que lleva el de *Myrica*, parece incontestablemente pertenecer á la sección de las *Andromeda*, de la que se hace hoy un género especial con el nombre *Leucothöe*; me parece, además, que se trata de lo que Unger, y después Heer, han llamado *A. primigenia*, especie que comprende tal vez muchos tipos específicos, pero de la cual, en cam-

bio, se han destacado equivocadamente como especies distintas ciertas formas singularmente afines á la especie fundamental. Como ha dicho muy bien Saporta, es en extremo difícil distinguir las *Leucothöes* únicamente por las impresiones foliáceas. La hoja de Tárrega es casi completa; sólo le falta una muy pequeña parte del extremo del limbo, y lo que es más sensible, la mayor parte del peciolo. Un nervio medio muy fuerte, nervaciones secundarias arqueadas, de las que hay una muy visible en el ejemplar, son propias de las *Andromeda* en general, y de la *A. primigenia* en particular. Se puede agregar, me parece, una última red de nervaciones punctiformes; pero esto, por la naturaleza de la roca, resulta incierto, por más que me parece evidente en algunas partes de la impresión.

La talla, la forma y la consistencia de la hoja, son propias enteramente de la *Leucothöe (Andromeda) primigenia*: el limbo es, sin embargo, ligeramente menos descubierto sobre el peciolo; pero también difieren un poco en esto los varios ejemplares figurados, y en el caso actual me parece una diferencia demasiado pequeña para tenerla en cuenta. La *L. (A.) primigenia* es especie oligocena que penetra en el mioceno.

NYMPHÆACEAS

Nymphæa Dumasi, Sap.?

El Sr. Vidal me ha comunicado al principio el croquis de dos impresiones de hojas de *Nymphæaceas* de gran talla, evidentemente de la misma especie. Después ha añadido una buena fotografía de la mejor de las dos. Como puede verse por la siguiente reproducción de esta última, sin ser perfecta, es suficiente para definir la especie.

La hoja era muy grande, midiendo cerca de 30 centímetros su diámetro transverso; no era del todo orbicular, puesto que la altura del limbo era de cerca de 25 centímetros; el borde, á pesar de las desgarraduras que presenta, se ve que era entero, ligeramente ondulado en ciertos puntos; el seno, formado por los bordes de éste, venía á alcanzar la base del peciolo y parece haber sido muy estrecho. La nervación, bastante bien conservada, estaba compuesta de fuertes nervios que resaltaban de un modo muy pronunciado en la cara inferior de la hoja.

Todos estos caracteres hacen desde luego pensar en las especies

de grandes hojas, de borde entero, descritas por Saporta, ya en el oligoceno propiamente dicho, ya en el aquitánico del Mediodía de Francia.

La primera que se ocurre de estas especies es la *N. Calophylla*, Sap. ⁽¹⁾, que es la primera que se descubrió y la más común; pero ha de eliminarse porque la forma es muy diferente: la altura del limbo, con relación al ancho, es menor, y el número de nervacio-



nes es mucho mayor que el de la planta española, siendo además mucho menos salientes, caracteres todos que tienen gran valor en las *Nymphaea*.

En cambio, las analogías son muy grandes con la *N. Dumasi*, Sap., especie la más antigua del oligoceno de Alais, con la cual la

(1) Saporta, *Recherches sur la végétation du niveau aquitainien de Manosque*. Mem. G. de Soc. géolog.: Paris, 1891, pág. 8, lám. I, fig. 4, y lám. II, fig. 4.

talla y el limbo son idénticos, y el número de nervaciones casi el mismo (sólo uno ó dos más para la *N. Dumasi*), en cuanto se puede deducir del estado de los ejemplares; pero sobre todo, y esto es un carácter importante, como lo prueba el estudio de las especies vivientes, la nervación brota fuertemente de una y otra parte.

En resumen, me parece cierto que se trate de la misma especie: si pongo un interrogante después del nombre específico, sólo es porque para no tener duda hubiera debido ver, no sólo los ejemplares mismos de Tárrega, sino los de *N. Dumasi*, tipo; y esto fuera más necesario por cuanto la tal especie, no habiendo sido nunca descrita y figurada por su autor, sino sólo accidentalmente, primero en el *Monde des plantes avant l'homme* ⁽¹⁾, y después en *Organismes problematiques des anciennes mers* ⁽²⁾, no ha sido objeto, por su parte, de una descripción especial y completa. De todos modos, si la *Nymphaea* de Tárrega no es la *N. Dumasi*, será una especie extremadamente afine.

CONCLUSIONES

El estudio de una flora fósil conduce siempre á proponerse dos preguntas: ¿Cuál es su edad? ¿Qué enseñanzas nos da sobre las condiciones del medio en que se ha desarrollado?

Todos los que se han ocupado de la paleobotánica de los terrenos terciarios, saben qué enormes dificultades presenta la respuesta á la primera, sobre todo si se quiere establecer horizontes muy precisos en un mismo terreno, aun cuando se disponga de documentos numerosos y en buen estado de conservación; con mayor razón se ofrecerán en nuestro caso, en que el número de fósiles es pequeño y ninguno de ellos se halla muy bien conservado, habiendo alguno que bajo este punto de vista deja mucho que desear. Pero si nos concretamos á los grandes grupos de los terrenos terciarios, me parece que la pequeña flora objeto de nuestro estudio conduce á admitir que las capas de que procede pertenecen al oligoceno, y muy probablemente al oligoceno propiamente dicho, esto es, descartando

(1) Saporta, *Le Monde des plantes avant l'apparition de l'homme*, pág. 270, fig. 72.

(2) Saporta, *Les organismes problematiques des anciennes mers*, 1884, página 22, láms. III y IV.

el aquitánico, que muchos autores le reúnen. Es, en efecto, notable observar que todas las especies encontradas y que hay seguridad de haberlo sido en otras partes, tienen su máximo de extensión en el oligoceno propiamente dicho, saliendo de él para persistir por lo menos en el aquitánico, pero disminuyendo tanto más en importancia cuanto más se van alejando de aquel terreno; que la *Nymphæa* española es idéntica, ó poco menos, á una especie francamente oligocena; que las afinidades del *Laurus Vidali*, especie nueva, son también con una laurínea oligocena; que, por el contrario, no se encuentra ninguna especie, no sólo exclusivamente aquitánica, sino que sea afine con especies aquitánicas. Parece, pues, legítimo poner la flora española en el oligoceno, y esto está conforme con los resultados á que han sido conducidos los dos geólogos citados para las capas que la encierran por sus estudios stratigráficos y de fósiles animales.

En cuanto á la facies de la vegetación, es casi imposible darse cuenta de ella ante un número tan restringido de tipos vegetales; puede, á lo más, decirse que las aguas eran habitadas por una gran *Nymphæa* muy distinta de las que hoy viven en el contorno mediterráneo, y cuyas análogas actuales, admitiendo que aquélla no pertenezca á un grupo hoy extinguido, se hallarian en las aguas de la Senegambia. En los alrededores de aquellas aguas había bosques donde las *lauríneas* parecen haber jugado un papel importante, acaso preponderante, y, á juzgar por sus congéneres actuales, exigían un clima de temperatura más ó menos elevada, pero húmeda. Estas especies dicotiledóneas, arborescentes, unidas á una palmera (por lo menos), venían acompañadas de arbustos como *Myrica* y *Leucothœe*. Todas juntas formaban un grupo vegetal casi exclusivamente compuesto de formas de hojas persistentes, lo cual, por lo demás, es el carácter habitual de las floras de igual edad.

ALGUNOS DATOS

DE AGUAS ARTESIANAS EN LA COMARCA DE FIGUERAS

El primer pozo artesiano que se construyó en las cercanías de Figueras, fué en terreno de D. Martín Rexach, junto al pueblo de Vilabertrán, en pleno llano, sin monte ni colina cercana. Se perforó por medio de una máquina de barras tubulares, inyectando agua por el llamado sistema hidráulico de rotación. Se construyó el pozo en unos veinticinco días de trabajo, con profundidad de 80 metros. El diámetro del taladro es de 15 centímetros. En el terreno, en casi toda su profundidad, dominó la arcilla ó pajiza ó verde, con mucha cantidad de mica; se tubó con toba ó palastro muy baladí; la cantidad de agua producida es de unos ocho litros por minuto. El director del trabajo fué M. Claudio Salajich, cerrajero francés. La construcción tuvo lugar en el año 1847, y desde entonces continúa dando el pozo agua, aunque en poca cantidad por el olvido en que se ha dejado la obra.

El segundo pozo que se ensayó se estableció en la villa de Figueras, dentro del recinto y huerta de D. Antonio de Gayolá, por el mismo sistema y bajo la misma dirección, de circunferencia de 15 centímetros. Después de la base se halló una gran capa de arena fina con mica, y concluyendo dicha capa, de unos 54 metros, apareció arcilla sumamente roja y blanda, y después de cuatro metros se cayó encima la roca calcárea. Con dos meses consecutivos de trabajo en la roca no pudo perforarse más que 1^m 30; y como que el trabajo era costosísimo por haberse añadido el perjuicio de haber quedado accidentalmente una barrena en el fondo, se abandonó el trabajo sin resultado favorable.

El tercer pozo se hizo en terreno de D. Ignacio Sam y Roca, bajo la dirección del mismo señor y por el mismo sistema que los sondeos anteriores. Después de ligeras capas de arena compacta y arcilla

plástica, apareció la turba fangosa (gredas) en una capa de más de 40 metros. En ésta aparecieron grandes cantidades de restos de mariscos, y con este nombre se entienden pechinas y ostras, cuyas trituraciones no dejaban duda de que pertenecían á objetos del mar y no de lagunas. Concluida la greda apareció arcilla roja, en poca cantidad; luego greda otra vez, y luego arena algo compacta, que se fué ablandando poco á poco hasta quedar arena sola, de la cual se sacaban á la superficie cada día de 10 á 18 y 20 capazos.

El pozo es de profundidad de 106 metros. Su diámetro de más de 21 centímetros, pues el barreno abierto hoy tiene 21. A medida que se iba profundizando el pozo, el nivel del agua estacionada iba subiendo, y llegó á la superficie á los 78 metros de taladro. Se pararon los trabajos después que apareció que no podía vencerse la arena, finalizando el pozo en el año de 1849. Está tubado con madera, y el volumen de agua por término medio es de unos 50 litros por minuto, que sube 1^m20 de altura sobre el terreno.

Con este mismo sistema se ensayó el construir algún pozo más, sin resultado, hasta que apareció un sistema llamado de Munier. Este sistema es el de sondeo por percusión, sistema muy económico, pero tanto más expuesto cuanto que con los golpes de la percusión y las sacudidas de las barras se castiga mucho la pared del pozo. Por medio de este sistema, en el término de Figueras y territorio del Masó Ferrer, el Sr. Sam y Roca perforó otro pozo de 84 metros de profundidad, consiguiendo 22 plumas de agua á la altura de un metro sobre el terreno en que se halla construido.

Recientemente, en el año 1860, se construyó otro pozo artesiano en la fábrica de D. Magín Bassols, en Figueras. El sistema de construcción fué por percusión con barras sólidas, aunque delgadas, que se enroscan la una á la otra; hay perforados 94 metros, el terreno es arcilloso; mas á cierta profundidad faltó solidez al mismo terreno y se presentaron desmoronamientos en las paredes del taladro, por cuyo motivo hubo necesidad de entubar con palastro muy recio; vencido el obstáculo del terreno desmoronado, se continuó la perforación hasta que apareció más abajo otro desmoronamiento, introduciéndose otro segundo tubo; pero como quedaran en el fondo una gran cantidad de barras de hierro, se concluyó la perforación. El agua corre en la superficie á temporadas, y siempre se halla cerca de la abertura; el diámetro que ha quedado es de 16 centímetros, pues con el segundo tubo se ha estrechado mucho el sondeo.

Después de este pozo hay uno empezado en la villa de Castello de Ampurias, cerca de Figueras: el agua está profunda, pues aún no ha surgido aun cuando hay perforados 90 metros.

Esta es la historia de los pozos artesianos en este país.—Figueras, 8 de Noviembre de 1863.—*Ignacio Sam y Roca.*

Es copia de un antiguo documento encontrado entre los papeles del ingeniero D. Eusebio Sánchez, padre del que suscribe.

RAFAEL SÁNCHEZ LOZANO.

Madrid, 28 de Mayo de 1906.

ALUMBRAMIENTO DE AGUAS

EN MADRID

Con el mayor gusto, como sucederá á todo madrileño, aplaudo los laudables propósitos del Alcalde D. Alberto Aguilera, encaminados á mejorar las condiciones higiénicas de nuestra villa y corte; condiciones que tanto dan que hablar, atendiendo á la espantable cifra de mortalidad, con relación á la de otras capitales. Entre el programa de mejoras del Sr. Aguilera figura un punto referente al aprovechamiento de las aguas del arroyo de Recoletos, ó mejor de Maudes, sobre lo que me voy á permitir hacer algunas observaciones que creo pertinentes, á fin de alejar todo peligro de fracaso, en asunto que merece se obre con perfecto conocimiento de causa.

Es una verdad lo que se ha dicho más de una vez, que por debajo del Paseo de Recoletos corre un gran caudal de agua, que, según se ha visto en varias ocasiones, es abundante y potable.

En cuanto á su abundancia, lo prueba lo que sucedió al cimentar la casa en el Paseo de Recoletos esquina á la calle del Marqués del Duero: fué preciso recurrir al pilotaje por la dificultad del agotamiento. La corriente se extiende lateralmente, como se vió al fandar el Teatro de Apolo, en donde fué necesario agotar con una locomóvil para poder construir los cimientos. Cuando se hizo el Banco de España, á mayor hondura que la alcantarilla general fué preciso construir para el desagüe otra más profunda que con menor pendiente fué á empalmarse con aquella por enfrente del Museo, y por cierto que la excavación causó el resentimiento de la fuente de Neptuno, á corta distancia de donde hoy está instalada.

Respecto á la potabilidad de esas aguas *en tiempos pasados*, nada

hay que objetar, según tuve ocasión de comprobar en un pozo de la quinta de Maudes, y recordando también que en época de escasez de agua, el Ayuntamiento establecía una bomba movida por dos mulas, hacia donde hoy está la estatua del Marqués del Duero, y sus aguas se vertían en el viaje que alimentaba á la fuente de Cibeles. Por entonces, como digo, esas aguas reunían excelentes condiciones de potabilidad; pero como la población de Madrid se ha extendido hacia el Norte y Nordeste, esa ocupación urbana influye poderosamente en las propiedades de las aguas del subsuelo.

¿Qué ha pasado con la fuente del Berro, siendo la mejor agua de las antiguas de Madrid? Pues sencillamente, que como se ha poblado tanto la cuenca del Abroñigal, las filtraciones de las aguas fecales han penetrado en el viaje de dicha fuente del Berro, lo que obligó á que ésta fuese abandonada por la Real Casa en tiempo de D. Alfonso XII, para surtirse del aljibe que hay bajo el patio del Palacio, alimentado por un viaje de agua cuyo origen está en la Dehesa de Amaniel.

Si se tratara de alumbrar agua con destino al riego, claro es que no había más que fijarse en el sitio de reunión de las aguas de Maudes para alcanzar la mayor cantidad posible; pero tratándose, como se indica, de un nuevo medio de aumentar el *agua potable* para Madrid, la cosa varía por completo. Ya no hay que atender sólo á la cantidad, con el supuesto completamente gratuito de que *han de seguir siendo potables porque lo han sido*, en razón que, influyendo la población de una zona en la calidad de las aguas subterráneas de la misma, si se prescindiese de dicha influencia, sería una ligereza imperdonable, después de la lección que nos suministra la práctica, al tener que condenar fuentes, porque el vecindario *ha ocupado la cuenca alimentadora*.

En los conocimientos más rudimentarios referentes al abastecimiento de *agua potable* de los pueblos, figura en primer término la condición de que aquélla proceda de sitio libre y más alto que la población, ó por lo menos suficientemente desviado de la zona urbana, para que las filtraciones de los pozos negros ó de las alcantarillas nunca puedan llegar al origen de las aguas potables. ¿Satisface la cuenca de la Castellana á esta cuestión previa? No, como voy á probar, y, por tanto, no hay que hacerse ilusiones fantásticas.

Si esa cuenca se prolongara hacia el Norte, más allá del camino de Chamartín, pudiera encontrarse sitio adecuado para el pretendido alumbramiento de agua potable; pero como se ve observando la to-

pografía de aquellos parajes, que más allá del camino de Chamartín, la carretera de Francia va por la divisoria, que despide unas aguas hacia el Manzanares y las otras hacia el Jarama, la cuenca alimentadora de la Castellana sólo tiene su cabeza en la rotonda que empieza en los Cuatro Caminos, sigue á Chamartín y termina en la Prosperidad; y como toda esa región se va poblando cada vez más, no podrá elegirse un sitio ni por Maudes ni por el Hipódromo que satisfaga á la citada condición previa de las aguas potables.

Además, teniendo en cuenta que las corrientes abundantes de agua subterránea no surgen ya formadas de un solo punto, sino que son la suma de varios veneros que acuden de toda la cabeza de la cuenca, si para lograr agua más pura nos remontamos, la mayor pobreza acompañará á la mayor altura; y si, para huir de esto, descendemos, nos encontraremos más pronto con las filtraciones de las aguas fecales.

De todos modos, dada la configuración de la cuenca y la marcha de las viviendas, podría intentarse la obra pretextando que aquéllas todavía no son muchas; pero con el tiempo se vería que el dinero se había gastado en una obra de duración muy limitada y que dejaría muy mal parada la previsión de sus autores.

Para el agua de los antiguos viajes que impunemente se conducía por atarjeas antes de la creación de Chamberí, se ha visto la influencia de esta barriada; y para salvar la alteración, se está entubando el conducto á su paso por debajo de lo poblado. Este remedio es eficaz, porque el principio de los minados está fuera de la zona edificada; pero si en vez de esto las viviendas ocuparan también el origen de las minas, de nada serviría el entubado, porque la alteración la sufriría el agua antes de surgir, que es precisamente lo que sucedería en la cuenca de la Castellana al procurar un alumbramiento de agua potable.

Hace ya tiempo que con motivo de intentar la adquisición de agua para el riego de la Necrópolis del Este, y por indicación del Sr. Abascal, encontré que la Compañía del ferrocarril tenía hecho un alumbramiento de agua potable para el surtido de una fuente en la estación de Atocha, y al notar que el origen del viaje se hallaba debajo del sitio donde se instaló la Necrópolis, no pude por menos de indicar la conveniencia de proponer á la Compañía el abandono de esas aguas, que iban á resultar impotables, á cambio de su equivalente de la de Lozoya. Si aún continúa la citada fuente en la estación de

Atocha, es indudable que lo ignorarán en el Laboratorio Municipal, donde tanto se afanan por averiguar las condiciones de potabilidad de las aguas que bebemos.

De todas maneras, conforme ya hace tiempo dijimos en nuestra Memoria titulada *El conflicto de las aguas de Madrid*, fijándose en las circunstancias que concurren para el surtido de agua de esta corte, no puede por menos de causar penosísima impresión el mal estado en que se halla, á pesar de haberse realizado la traida de las aguas del Lozoya, que si bien pudieron conjurar la crisis en años pasados, se hallan muy lejos de satisfacer las necesidades actuales, y mucho menos las que, en plazo nada remoto, han de ir apareciendo con el innegable aumento de consumo que el desarrollo de Madrid ha de imponer. Si hoy, cuando todavía falta el surtido en muchas casas que no tienen agua y que la han de tener; cuando falta el consumo de las muchas industrias que se han de establecer; cuando no se gasta en el lavado de alcantarillas el caudal necesario para su perfecta limpieza, y, por último, cuando no se destina al riego de los campos de Madrid el agua bastante para hacer amenas, al par que reproductivas, las parcelas de sus inmediaciones; cuando todo esto ocurre, y, sin embargo, estamos viendo con tanta frecuencia los actuales apuros, sólo el que esté completamente ciego puede dejar de pensar que Madrid está amenazado del mayor conflicto, cual es el de carecer del agua necesaria, y sólo un Alcalde de carácter tan emprendedor como firme, por los obstáculos que ha de remover, puede librar á Madrid de una terrible catástrofe.

Para comprobar el fundamento de tal temor y lo abocados que estamos á que se realice, bastará consignar el hecho de gastarse en Madrid diariamente y cada año 10000 metros cúbicos de agua más que en el anterior. De modo que, si hoy se vive mal, júzguese de lo que ocurrirá bien pronto si no se cuenta con otros elementos que los actuales para surtir de aguas á la población.

Siendo evidente la necesidad de buscar, por todos los medios posibles, el modo de proporcionar á Madrid el suficiente caudal de agua, hay que fijarse en que después de las aguas del Lozoya, tan expuestas á turbias, es de la mayor importancia la conservación y fomento de los antiguos viajes, pues la calidad de sus veneros excede á la del Lozoya en bondad para la bebida, aun cuando químicamente considerado el líquido sea menos puro que el del Canal. Y si alguno de estos antiguos viajes ha desmerecido del modo que dejamos dicho

para la fuente del Berro, el Ayuntamiento de Madrid no debe perdonar medio para dedicar las sumas necesarias al ramo de fontanería hasta lograr el *considerable aumento* de que es susceptible el caudal de los antiguos viajes, sin más que seguir las fáciles é infalibles obras que desde hace siglos se conocen para surtir las fuentes de Madrid.

La cuenca del Abroñigal es capaz, por sí sola, de abastecer con excelentes aguas á las barriadas de las Ventas del Espíritu Santo y de la Plaza de Toros.

Las aguas que manan debajo de la Necrópolis, y que hemos dicho surten una fuente en el ferrocarril de Madrid á Zaragoza, las cuales no deben aprovecharse para la bebida, precisamente por estar el manantial originado en el mismo terreno del Cementerio, podrían, no obstante, elevarse y servir para riegos en una extensa zona, y para todas las necesidades de la Necrópolis, fuera de las de bebida.

Al E. de Madrid hay muchas aguas potables subterráneas hasta Vicálvaro, que pudieran traerse hacia la capital, y lo mismo sucede en el término de Vallecas, y estos veneros, iluminados por galerías, serían de gran provecho para todas las necesidades de aquellos barrios extramuros.

En el S. y SO. de la corte pueden también recogerse aguas potables, si no para conducir las á Madrid, para abastecer á los Carabancheles y Jetafe, en vez de distraer para estos pueblos el agua del Lozoya.

No deja de ser abundante el agua potable en la zona O. de Madrid, como lo prueban los pozos del Campamento y Casa Blanca, del Arroyo de los Meaques, de Somosaguas, de Húmera y de Pozuelo de Alarcón, y estos caudales pudieran utilizarse en la parte correspondiente de los alrededores de Madrid, incluso la Casa de Campo, donde con una cañería de 20 centímetros se lleva una respetable cantidad del agua del Lozoya, procedimiento injustificado cuando Madrid no se halla sobrado de la misma.

Por el O. y NO. de Madrid, en la zona del Manzanares, también pudieran buscarse aguas abundantes y potables, como se justifica observando que en El Pardo se toma el agua de la fuente de La Reina, que las máquinas de la Montaña del Príncipe Pío elevan á diversas fuentes de Madrid, sin que dicha zona de El Pardo se halle agotada, ni mucho menos, según he podido comprobar reconociendo diversas corrientes de excelente agua, á varios niveles freáticos, todavía desaprovechados.

En resumen: la zona hidrológica que envuelve á Madrid, lejos de hallarse explotada por completo, no está más que desflorada, y esto sólo contando con las corrientes subterráneas existentes, las cuales son susceptibles de un considerable aumento de caudal tan pronto como se procediera á la conversión de las aguas torrenciales en subterráneas, como es tan fácil y sencillo; cambio que además contribuiría á la desaparición del aspecto de páramo espantable que ofrecen los alrededores de la villa y corte, pues que la vegetación se haría posible donde hoy la sequedad la hace difícil en extremo.

ANTONIO MONTENEGRO,
Ingeniero industrial.

NOTICIA

referente á

ESTUDIOS HIDRO-GEOLÓGICOS EN ESPAÑA ⁽¹⁾

Cuando hace pocos años llegó á publicarse, bajo la dirección del Excmo. Sr. D. Manuel Fernández de Castro, el Mapa geológico en bosquejo de toda la Península ibérica, puede decirse que concluyó la primera parte de los trabajos de la Comisión encargada de determinar la naturaleza y condiciones físicas del suelo español, es decir, la representación gráfica de los terrenos correspondientes en España á las diversas épocas geológicas. Se dió desde entonces mayor desarrollo al estudio detallado de las circunstancias geognósticas ó elementos petrográficos y estratigráficos de nuestro país, como base cierta para el adelanto de la agricultura, la minería, las obras públicas, y en general las artes todas de la construcción, y se establecieron fijamente las operaciones necesarias para trazar los mapas geológicos industriales. Esta labor, de tanto empeño como extensión, no ha sido descuidada ni un solo día, como lo demuestran, ya las Memorias y reseñas que referentes á muy diversas comarcas se han venido publicando, con aprobación general de nacionales y extranjeros, ya el acopio de datos y colecciones que siempre á disposición del público existen en las oficinas de la Comisión.

Imposible con los recursos, sucesivamente mermados, de que han dispuesto los Ingenieros de Minas que forman la misma Comisión,

(1) Esta Noticia es lo esencial de la Memoria reglamentaria presentada al Ministro de Fomento por el Director de la Comisión del Mapa geológico de España en 1906.

hacer labor más honda y extensa, pues bien lo justifica el saber que todo lo hecho goza de fama verdadera entre cuantas personas competentes conocen de qué se trata, y ser claro el afán con que las más conspicuas corporaciones científicas del mundo entero solicitan nuestras publicaciones físico-geológicas.

Pero, además, la Comisión del Mapa geológico de España ha seguido con la tarea de facilitar colecciones de rocas, fósiles y minerales á los establecimientos oficiales á quien el Estado ha hecho la debida concesión, y personal mucho más numeroso, que el dedicado hasta ahora á ello, sería necesario para satisfacer los pedidos que de las citadas colecciones recibe el Gobierno, no sólo porque el valor intrínseco de ellas es manifiesto, sino porque los catálogos y papeletas que las ilustran dan á conocer á naturalistas y profanos multitud de datos de la geología, de la física y de la historia natural de nuestro país; todo lo que distinguen las citadas colecciones de cuantas hasta hoy han sido formadas en España y en el extranjero.

De todos modos, los estudios geológicos industriales que el Decreto de constitución de la hoy existente Comisión del Mapa geológico impone como segunda fase del trabajo, alcanzan actualmente completo desarrollo, después de estar comenzados, y en parte cumplidos, desde el momento de la publicación de las *Descripciones geológicas de diversas provincias*; pero tratando, como se trata, de estudios hechos por Ingenieros de Minas, lo estimado como preferente ha venido siendo el reconocimiento y descripción de las cuencas carboníferas y de los principales criaderos de minerales, aun cuando en algunas de las Memorias provinciales, donde la minería no tiene gran importancia, á los datos y estudios agrológicos se ha concedido la primacía, tratando con singular interés cuanto se refiere á la hidrología superficial y subterránea.

Lo dado á conocer al público acerca de semejante objeto, vino á resaltar cuando singularmente se fijó la atención de los Ministros de Fomento en buscar los medios de acrecer los cultivos y el valor de la agricultura con auxilio de los riegos, obtenidos, ya con la construcción de canales y pantanos, ya, más modestamente, con el alumbramiento de aguas por pozos y minas.

Recordáronse entonces los datos, estudios y pronósticos publicados por la Comisión del Mapa geológico de España, referentes á las cuencas hidrológicas, y merced á la egregia iniciativa de S. M. el Rey, eficazmente auxiliada por los Condes de Retamoso y de Romano-

nes, éste como Ministro de Fomento, y como inteligentísimo agrónomo aquél, se publicó el Real decreto que á continuación se inserta, viéndose justificado en el preámbulo de qué manera tan elevada, y al mismo tiempo tan práctica, se ha procurado realizar el asunto, cuidando el Ministro de consignar en los presupuestos generales de la nación cantidades suficientes para comenzar los nuevos trabajos encomendados á los geólogos Ingenieros de Minas.

*
*

MINISTERIO DE AGRICULTURA, INDUSTRIA, COMERCIO Y OBRAS PÚBLICAS

Exposición.

Señor: Desde el mismo instante en que, por la bondad de V. M., me hice cargo del Ministerio de Agricultura, Industria, Comercio y Obras públicas, me preocupó la situación de la Agricultura nacional y los medios de fomentarla, convencido de que es una de las fuentes de riqueza más permanente y más susceptible de amplio desarrollo. De la Agricultura salen las primeras materias para muchas industrias; ella produce los principales artículos de nuestra alimentación, y ella da vida al Comercio, llevando al consumo y á la exportación productos que suman cantidades importantísimas.

Muy varios y complejos son los factores que contribuyen al progreso agrícola, y el Ministro que suscribe se propone el estudio del desarrollo de todos ellos, en la medida de sus fuerzas y aprovechando las ocasiones más oportunas. Mas por la importancia que tiene el agua en todos los cultivos, por la frecuencia con que padecemos en España las sequías y porque la recopilación de ciertos datos previos exigirá algún tiempo, el Ministro que suscribe cree necesario abordar inmediatamente, sin pérdida de momento, el estudio de una de las fases del importantísimo problema de los riegos.

Sufre España los efectos perniciosos de un clima anormal. En extensas regiones del Mediodía y del Centro de la Península llueve poco, y llueve irregularmente. Aun más perniciosa que la escasez de los hidro-meteoros es para los cultivos y para la Agricultura la irregu-

laridad de éstos, hasta el punto de que las lluvias mínimas en los años de mayor escasez serían suficientes para dar regulares cosechas si cayesen oportunamente, si viniesen distribuidas en las épocas convenientes. No está, pues, el mayor daño en la cantidad, sino en la distribución, y por esta razón es de mayor transcendencia y de mayor interés remediar esa mala distribución con un más cuidadoso aprovechamiento. La falta absoluta de lluvias no tendría remedio alguno; la irregularidad de ellas dando agua á los campos puede hallar enmienda, parcial al menos, con la extensión y buen aprovechamiento de los riegos.

En este problema, de hondísima importancia para la riqueza del país, es menester, en bien general, huir de exclusivismos, y aprovechar todos los medios, todos los recursos, que la Naturaleza nos ofrece, que son variadísimos. Se han hecho estudios muy importantes; hay aprobados proyectos de suma transcendencia para la construcción de canales y pantanos, para la realización de grandes obras hidráulicas que el Ministro que suscribe se propone proseguir é impulsar sin desmayo alguno; pero ha quedado casi sin estudiar otro aspecto de la cuestión, no por más modesto menos interesante, que consiste en el alumbramiento de las aguas subterráneas, con la apertura de pozos y minas.

Basta recorrer algunas regiones de España para convencerse del grandísimo interés que este aspecto del problema agrario ofrece. Con frecuencia, atravesando ciertos parajes áridos del centro de España, se encuentran modestos pozos, abiertos por la iniciativa particular, que con antiguas y desvencijadas norias benefician las aguas subterráneas, y que, en medio de extensas é infecundas planicies, sostienen en el rigor del verano modestas huertas, verdes y lozanas, á modo de oasis en el centro de grandes páramos. Estos hechos, que están á la vista de cualquiera observador, revelan que en esos campos, por debajo de las plantas mustias y agotadas por la sequía, van silenciosas é ignoradas corrientes de agua fecundadora, veneros de riqueza inexplorada.

En este concepto se ha hecho algo, pero mucho más puede hacerse aplicando bien los recursos, las iniciativas y los consejos del Estado, utilizando al efecto los interesantes trabajos de los Ingenieros de Minas, y principalmente los datos recogidos y que pueden recogerse por la Comisión del Mapa geológico de España. De este modo, á los importantes estudios y proyectos de los Ingenieros agrónomos

y de Obras públicas en canales, pantanos y demás trabajos hidráulicos, podrán sumarse estos otros proyectos de alumbramientos de aguas con pozos y galerías, contribuyendo todo á extender los riegos y á remediar las sequías, que tan graves crisis producen de continuo en dilatadas regiones de España.

Al proponerse el Ministro que suscribe impulsar todos los modos de extender los riegos, no hace más que seguir ejemplos antiguos.

En España se hallan notables testimonios de la importancia que desde remotos tiempos se ha concedido á tan poderoso agente para el cultivo, siendo viva demostración las acequias y azudes que los moros españoles abrieron y establecieron en las vegas de Andalucía y en las huertas de Valencia y Murcia; al mismo tiempo que introdujeron las norias en la Mancha y en Castilla y aplicaron los cigoñales, de tanta utilidad, en determinadas comarcas.

Más modernamente, la busca de aguas con minas y pozos se ha generalizado en Cataluña y en las provincias de Levante; se han emprendido grandes obras por cuenta del Estado para canalizar ríos, establecer pantanos y desviar torrentes; pero falta mucho camino que recorrer, no sólo para utilizar todos los elementos que ofrece el suelo de la Península, sino para acercarse á lo que en este ramo se ha hecho y hace en otros países de clima no tan abrasador como el nuestro, y donde la irregularidad y escasez de las lluvias son menos de temer.

La acción del Gobierno en los grandes proyectos de riegos ha dado en todos tiempos resultados sorprendentes, y las obras ejecutadas en España con tal objeto ofrecen materia de estudio para nacionales y extranjeros, que admiran los colosales trabajos de los pantanos de Lorca y de Tibi, y de los canales de Castilla, de Aragón, de Tauste, de Urgel y del Esla. Ciertamente es que el esfuerzo de los particulares ha completado en ocasiones el del Gobierno, y en otras se ha ejercido independientemente, pero siempre ha sido en escala muy reducida, como se comprende desde luego, considerando que, en general, las empresas de riegos no pueden realizarse buscando lucro inmediato, como tampoco lo proporcionan ordinariamente las demás obras públicas que hace el Estado en bien de todos y para el desarrollo del Comercio, de la Industria y, en último término, de la riqueza de los pueblos.

Si los pozos artesianos adquieren cada día mayor importancia, y tanto se han perfeccionado los medios de abrirlos, que hoy las

profundidades de 500 y 600 metros, consideradas hace medio siglo como extraordinarias al abrir en París los pozos de Grenelle y de Passy, se vencen con relativa economía en los múltiples sondeos con que se iluminan aguas en el Sahara africano y en los valles de la India y de la Australia; no tiene menos valor cuanto se refiere al alumbramiento de aguas con pozos ordinarios y galerías, pues los descubrimientos de los grandes explosivos y las aplicaciones de máquinas perforadoras perfeccionadas ha facilitado su realización de modo extraordinario.

Contando con tales elementos, y disponiendo actualmente el Gobierno de los múltiples datos que constan en las descripciones de muchas provincias, estudiadas por la Comisión del Mapa geológico de España, disponiendo además de personal competente para el caso, y atento á satisfacer en lo posible las necesidades de la Agricultura y de la Industria, el Ministro que suscribe tiene la honra de someter á la aprobación de V. M. el adjunto proyecto de Decreto.

Madrid 14 de Julio de 1905.—Señor: A L. R. P. de V. M.—
Alvaro Figueroa.

Real decreto.

De conformidad con lo propuesto por el Ministro de Agricultura, Industria, Comercio y Obras públicas; de acuerdo con mi Consejo de Ministros, vengo en decretar lo siguiente:

Artículo 1.º La Comisión del Mapa geológico de España queda encargada de proceder inmediatamente á determinar, después de los estudios necesarios, los puntos de las cuencas hidrológicas de nuestro país donde sea más probable la existencia de corrientes subterráneas importantes que puedan alumbrarse por medio de sondeos, pozos ó galerías.

Art. 2.º Para la pronta y más expedita resolución del problema, el personal de la Comisión del Mapa geológico se dedicará á recoger sobre el terreno cuantos datos juzgue necesarios para apreciar sucesivamente el valor de las aguas subterráneas en cada una de las dichas cuencas hidrográficas, siguiéndose en el trabajo las instrucciones especiales que para cada caso determine el Director de la misma Comisión.

Art. 3.º Sin perjuicio de que la Comisión del Mapa geológico continúe acopiando datos para la publicación de sus Mapas, Memo-

rias y Boletín, y formación de colecciones de minerales, rocas y fósiles, dedicará por ahora preferentemente el personal y material de que dispone á los estudios hidro-geológicos que por este Decreto se le encomiendan.

Art. 4.º A fin de dar á conocer á la mayor brevedad posible los datos obtenidos en el terreno, el personal de la Comisión del Mapa geológico no dará comienzo á los estudios de una cuenca hidrológica sin haber ultimado y publicado un resumen de los datos relativos á la que antes haya sido objeto de sus trabajos.

Art. 5.º Fijados los puntos en que con mayor probabilidad de resultados favorables puedan emprenderse labores subterráneas para alumbrar aguas en una cuenca hidrográfica, de la cual se hayan ultimado los estudios, el Ministerio de Agricultura dotará á la Comisión del Mapa geológico del personal idóneo y del material necesario para practicar los trabajos de alumbramiento que puedan ser de interés general y que se hallen de preferencia en terrenos del dominio público ó del Estado.

Art. 6.º Si los puntos señalados para alumbramientos de aguas subterráneas se hallasen en terrenos de propiedad particular, el Estado procederá á la expropiación forzosa, por razón de utilidad pública, de las parcelas que fueran necesarias para los trabajos que se hayan de practicar, considerando el caso como comprendido entre los que las leyes de Minería autorizan.

Art. 7.º Para cada uno de los puntos de alumbramiento que sean objeto de labores subterráneas por cuenta del Estado, el Director del Mapa geológico presentará al Ministerio de Agricultura, para su aprobación, la Memoria explicativa acompañada con el presupuesto aproximado de gastos de las obras, é indicación del tiempo que se conceptúe necesario para la terminación de las mismas, y señalando en un plano las aplicaciones útiles, principalmente para riegos, que podrán darse á las aguas alumbradas.

Art. 8.º Con cargo al presupuesto del Ministerio de Agricultura se consignarán oportunamente las cantidades que se estimen necesarias para gastos del material y personal destinado á practicar alumbramientos de aguas con sondeos, pozos ó galerías.

Art. 9.º Las aguas obtenidas con estos trabajos serán propiedad del Estado, que podrá cederlas á los Municipios ó á particulares, mediante un canon que se establecerá en cada caso, según el caudal fluente y los gastos ocasionados por el alumbramiento.

Art. 10. Con instrucciones especiales se fijará el orden de ejecución de los estudios encargados á la Comisión del Mapa geológico de España, y se determinará, en el caso de iluminarse aguas por el Estado, la parte que en el aprovechamiento corresponderá á las Direcciones generales de Obras públicas, y de Agricultura, Industria y Comercio, para que en la práctica tengan debida realización los deseos del Gobierno.

Dado en San Sebastián á 15 de Julio de 1905.—ALFONSO.—El Ministro de Agricultura, Industria, Comercio y Obras públicas, *Alvaro Figueroa*.

* * *

Los Ingenieros de la Comisión del Mapa geológico estaban penetrados de antemano de la posibilidad de realizar sin extremas dilaciones cuanto en el anterior Real decreto se dispone, pues la práctica les había enseñado que es fácil, en muchas ocasiones, aumentar grandemente y sin crecidos gastos el caudal que á la superficie pueden aportar las capas acuíferas subterráneas poco profundas; y también sabían que si para la mayoría de estos casos basta la apertura de pozos ordinarios ó de minas, pueden además buscarse niveles freáticos profundos, para conseguir aguas surgidoras ó artesianas, como empresa no demasiado aleatoria, siempre que existan los debidos estudios geológicos preliminares, pues los fracasos que suelen ocurrir son sólo consiguientes á trabajos hechos sin ciencia, ni cordura, ni experiencia.

Es axiomático en geología que las capas acuíferas son, por regla general, tanto más extensas y potentes cuanto mayor es la profundidad á que se encuentran, y es además seguro que en todas partes tienen régimen menos variable que el de los ríos y arroyos, y es muy uniforme, sin ser rigurosamente constante, la cantidad de sustancias que llevan en disolución los manantiales.

Conocido es también que de las aguas subterráneas es de donde se alimentan las fuentes, y que por tanto éstas, realmente, proceden de los hidrometeoros, que, cayendo en la superficie de la tierra, se filtran por las capas pétreas permeables, hasta que lechos impermeables detienen el descenso, por lo cual es íntima la relación de los veneros con las condiciones geológicas y meteorológicas de la región donde se hallan; y si se ha de hacer examen investigador de las aguas sub-

terráneas de una comarca, hay que fijarse en la naturaleza y disposición de las rocas que forman el suelo y el subsuelo y en la cantidad y manera como se reparten las lluvias y nieves en el país, y todo esto conocido, en el contacto de las capas de permeabilidad desigual, es donde se buscarán las aguas subterráneas, en volumen y condiciones de pureza y temperatura distintas, que estarán en relación con la calidad de las rocas que hayan atravesado, la profundidad á que se encuentren y los datos pluviométricos locales.

El abate Paramelle, famoso hidrólogo francés, asegura en su obra *L'art de découvrir les sources*, que en toda cuenca, valle, barranco, desfiladero, garganta ó pliegue de terreno, hay una corriente de agua visible ú oculta: la que aparente marcha por la superficie del terreno, es porque está sostenida por una capa impermeable; la que discurre oculta, lo hace también sobre lechos impermeables, pero tiene encima materiales geognósticos permeables que no han podido mantenerla en la superficie; mas siendo el origen de todas las corrientes siempre meteorológico, queda, por tanto, sujeto á las mismas leyes determinantes de la más completa armonía entre los manantiales subterráneos y los visibles.

Si así pueden establecerse las líneas generales que siguen los veneros en los terrenos quebrados, basta además saber que en suelos muy llanos sólo se acertará con las capas acuíferas principales, observando, en los sitios por donde corren las aguas en tiempo de lluvias, los puntos que quedan encharcados, ó donde en ciertas épocas se suelen presentar manaderos más ó menos abundantes; pues en estos lugares es casi segura la existencia subterránea de aguas á no muy gran profundidad, según sucede en el principio de las cuencas, en el centro de las navas y en la unión de las arroyadas de los valles.

Por punto general, en las llanuras las capas impermeables subterráneas son próximamente paralelas á la superficie del suelo permeable, y por esto las capas acuíferas se extienden por el subsuelo en todas direcciones; y si, como es común para los terrenos modernos, diluviales y aluviales, las capas permeables é impermeables alternan, haciendo un pozo de suficiente profundidad, se verá que las aguas interiores se encuentran á varios niveles, inferiores unos á otros, pero descansando, cada vez, en sendas capas impermeables.

Como en muchos casos hay interés en conocer, antes de empezar trabajos para el alumbramiento de aguas, el volumen aproximado de las que pueden hallarse, conviene saber que, según Paramelle,

una superficie de 5 hectáreas (9 fanegas) puede alimentar un venero que de en tiempos de sequía ordinaria 4 litros de agua por minuto.

Abundando en estas ideas el Ingeniero Sr. Mallada, en una interesantísima Memoria que presentó en el Congreso de Minería, celebrado en Murcia en Mayo de 1900, afirma que en España más que en ninguna otra nación de Europa, es indispensable, antes de investigar las aguas subterráneas, hacer un estudio geológico muy detenido de las condiciones del terreno; y no siendo, en general, factibles estos trabajos á los particulares, incumbe al Gobierno el ordenarlos y conseguirlos para toda la nación.

Semejantes estudios han de dar lugar al señalamiento de los puntos ó comarcas donde se puedan iluminar aguas subterráneas, ya con sondeos, ya por medio de galerías, recomendando lo último á los particulares y á las Corporaciones municipales y provinciales, con seguridad de buenos resultados: lo cual será de tanta mayor utilidad, cuanto que es poco lo llevado á término en nuestro país respecto á alumbramientos con minas, pues fuera de ciertos puntos de las ramblas de Andalucía, ó del litoral de Cataluña y de Valencia, y singularmente del feracísimo campo de Reus, bien puede decirse que todo está por hacer.

Para esta clase de investigaciones, tanto ó más que para la apertura de pozos artesianos, hace falta el conocimiento local de los manantiales, estudiando las condiciones topográficas y geológicas de su emergencia y las relaciones de unos con otros, teniendo muy en cuenta: 1.º, que en su inmensa mayoría los veneros más copiosos brotan en la Península junto á las grandes fracturas de las calizas devonianas y carboníferas, ó en dependencia de las masas calcáreas, más ó menos cavernosas, de la serie secundaria y del terreno numulítico inferior; 2.º, que los grandes depósitos detríticos, principalmente cuarzosos, del trias inferior y del infracretáceo y aun de sistemas más modernos, forman grandes zonas acuíferas, de las que manan centenares de fuentes que á veces podrían reunirse en raudales de importancia con labores subterráneas convenientemente dispuestas.

No sería muy breve la lista de los grandes manantiales que brotan en nuestro país; pero, siguiendo al Ingeniero Sr. Bentabol, en su notable libro *Las aguas de España y Portugal*, nos bastará ahora mencionar los de:

Fontibre, que da sus primeras aguas al Ebro.

Los *Ojos del Guadiana*, en término de Villarrubia, en la provincia de Ciudad Real.

El de *Covadonga*, en Asturias.

La fuente de los *Santos*, la de *Liria*, la del *Brullador*, la de *Bellus* y la de *Buñol*, todas en la provincia de Valencia.

El de *Cella*, en la provincia de Teruel.

El manantial de la *Mina* y el de la cueva del Gato, cerca de Ronda.

El de *Benaoján*, en el pueblo de su nombre, en Málaga.

El de la fuente del *Marco*, en Cáceres.

Los de *Vozmediano* y de *Ucero*, en el territorio soriano.

Las *fuentes del Llobregat*, río principal de la provincia de Barcelona.

El de *Riofrio*, origen de las aguas que conduce el acueducto de Segovia.

Las *Burgas* de Orense.

El de *Frailes*, en el pueblo de su nombre, en la provincia de Jaén.

El *Manzanil* y el de *Alfaguara* en Loja, Granada.

El de los *Molinos*, en Vélez Blanco, Almería.

El del *Alcol*, en Fuente Escusa, provincia de Cuenca.

En todos los dichos el caudal pasa de un metro cúbico por segundo.

También el Sr. Bentabol, en su citada obra, sigue las opiniones del Sr. Mallada, diciendo que aun los terrenos más duros é impermeables están generalmente atravesados por multitud de cruceros, fallas, quiebras y conductos, por donde el agua meteórica penetra á grandes profundidades y circula, recorriendo largas distancias, muchas veces siguiendo las fallas y filones, hasta formar los manantiales que suelen inundar las labores mineras, ó, si la disposición del terreno lo permite, discurrendo sinuosamente para surgir más ó menos pronto á la superficie.

Además en los terrenos estratificados con capas inclinadas suele haber anchos huecos entre los lechos ó superficies de contacto primitivo de los estratos, y las formaciones calizas están ordinariamente tan llenas de oquedades, que pueden compararse con gigantescas esponjas, siendo frecuente en estos terrenos calcáreos la existencia de grandes cavernas y conductos por donde marchan verdaderos ríos subterráneos, y á todas las dichas oquedades pueden llegar las aguas superficiales, ya por los remolinos ó pozos absorbentes que existen en ciertos ríos, ya con las filtraciones generales más ó menos

rápidas, pero siempre ciertas, y aun en algunos casos con la absorción completa de corrientes que se sumergen después de discurrir sobre el terreno, como, por ejemplo, las aguas del Guadiana y del Záncara, que se filtran en el llano manchego y van á renacer en los Ojos del Guadiana; el río Orandi, perdido antes de surgir con el nombre de Diva en la cueva de Covadonga; el caudal que se hunde en el sumidero de Montejarque, para brotar, tal vez, en la cueva del Gato, cerca de Ronda; el río Visoña, en el Bierzo, que se agota por completo en su madre frente á las minas de hierro de Formigueiros, reapareciendo más abajo con el nombre de Selmo, y también las aguas del valle de Barig, en Valencia, que después de penetrar por multitud de sumideros, vuelven á la luz del sol en las fuentes Mayor y Menor, al pie del cerro del Toro, con un caudal de medio metro por segundo.

Otras veces las aguas subterráneas van á brotar en el fondo del mar, como ocurre frente á Castellón de la Plana, donde, á varios kilómetros de la orilla, acuden los pescadores á surtirse de agua dulce, en pleno Mediterráneo; lo que también acontece en la isla de Cuba, á tres millas de la costa SO.; y aun puede citarse el manantial del golfo de Spezzia, que á 50 metros de la tierra forma sobre la superficie del mar un surtidor de 25 metros de diámetro y 0^m30 á 0^m40 de altura, no siendo el único de su clase, pues para las costas del golfo del León se ha calculado que sólo las fuentes submarinas existentes entre Perpiñán y Génova desaguan en el mar 50 metros cúbicos de agua dulce por segundo.

De todos modos las corrientes subterráneas producidas por el movimiento del agua en lo interior de la tierra, unas veces siguiendo los conductos y cavernas naturales, y otras filtrándose á través de las rocas permeables, presentan como característica una velocidad siempre muy por bajo de la que anima á las corrientes superficiales.

Así, según consigna el Ingeniero del Cuerpo de Minas D. Pedro Palacios en su *Memoria de la provincia de Soria, el manadero de Ucero* experimenta crecidas perceptibles á los cuatro días de llover ó nevar copiosamente en las sierras de Costalago y de San Leonardo, situadas á 12 kilómetros al N., y de donde proceden las aguas. La velocidad de la corriente subterránea que alimenta este manantial es, pues, de unos tres kilómetros por día, ó 347 milímetros por segundo, debiéndose advertir que en este caso el agua camina, seguramente, por conductos que, aunque tortuosos, ofrecen suficiente sección libre.

Cuando el agua, como sucede á menudo, ha de atravesar acarreos de guijo ó grava gruesa ó fisuras muy estrechas, la velocidad de la corriente subterránea es bien escasa, pues en la Vega de Mecina, en Sierra Nevada, el agua tarda veinte días en recorrer subterráneamente una distancia de 2500 metros, lo que corresponde á una velocidad de 125 metros diarios, ó 1'45 milímetros por segundo; mientras que en el tiempo de los veinte días, antes dichos, un río ó arroyo, con sólo la marcha de medio metro por segundo, recorrería 864 kilómetros.

Si el agua ha de cruzar capas de arenas ó gravas colocadas en declive sobre lechos de valles impermeables, lo que es frecuente, las velocidades quedan muy reducidas, pues para el caso de una pendiente de 0'001 y un lecho de arena gruesa en que la velocidad con que el agua lo atraviesa verticalmente es igual á 0'01, tendremos que la corriente sólo será de 0'00001 metros por segundo, y como á igual pendiente de 0'001 correspondería una velocidad en la superficie de 2 á 5 metros por segundo, resulta que la corriente subterránea tendría velocidad igual á 1/200000 ó 1/500000 de la superficial, y esto es lo que debe admitirse para muchos casos, como el de los veneros que alimentan los antiguos viajes de las fuentes de Madrid.

Así lo confirma el Ingeniero de Caminos D. Gonzalo Moragas, en su estudio de las corrientes subálveas, diciendo que las aguas del cauce del Besós, á que dedicó sus observaciones, caídas á 40 kilómetros del mar, estarían á los dos días en éste si corriesen superficialmente, mientras que subterráneamente, con una pendiente de 0'005 y una velocidad de filtración de 0'01 (ambos datos muy crecidos), tardarán en llegar al mar veintisiete años, es decir, que caminan cerca de 5000 veces más despacio que lo harían superficialmente.

Si la marcha de la corriente subterránea es de 125 metros por día, según se dice en uno de los ejemplos anteriores, bastará un recorrido de 15 kilómetros para retrasar la corriente cuatro meses respecto á las aguas estacionales; pero siendo semejante velocidad en general demasiado fuerte para las corrientes subterráneas, con mucho menor recorrido, el retraso sería aun más marcado.

El manantial de *Cella*, en la provincia de Teruel, que ya hemos citado, da ejemplo del retardo que las aguas de las corrientes subterráneas experimentan respecto de las superficiales, á partir del momento de la caída de las aguas estacionales. Examinando el cuadro de observaciones del manantial, publicado en la *Memoria geo-*

lógica de la provincia, escrita por el Ingeniero de Minas Sr. Cortázar, cuadro debido al Médico de Teruel Sr. D. J. Garcés, cuando accidentalmente la fuente deja de correr después de largas sequías, la reaparición del agua no se verifica hasta los cincuenta ó sesenta días de llover abundantemente en las sierras inmediatas, desde donde en horas bajan las aguas superficiales.

También al lento paso de las corrientes subterráneas se debe el que los manantiales de *Benamahoma*, en Cádiz; de *Liria*, en Valencia, y otros que cualquiera puede recordar, sean más abundantes en verano que en invierno.

*
* * *

A datos tan importantes y á cuanto se dice en el Real decreto de 15 de Julio de 1905, pueden añadirse varios antecedentes que hace ya tiempo consignamos en un escrito presentado al entonces Ministro de Fomento, Excmo. Sr. D. Germán Gamazo, para demostrar el interés del estudio de las aguas subterráneas.

Escribíamos así:

«No hay que entretenerse ahora en discurrir acerca del estado de la agricultura nacional, ni estudiar los métodos de cultivo que más convienen para el mejor aprovechamiento de los terrenos, ni ver de armonizar los intereses de los labradores con los de la ganadería, el beneficio de los bosques y el desarrollo de otras industrias, pues éstas son cuestiones ya muchas veces discutidas, y en las cuales el interés general del Estado no siempre es el mismo que el del agricultor; pero el Gobierno, al propio tiempo que respete los derechos y la libertad de los particulares, debe desde luego ocuparse en aquello que, siendo de su incumbencia directa, tienda á la prosperidad colectiva, sobre todo si es posible, simultáneamente, dar ejemplos que puedan imitarse por la laboriosidad individual.

Sin abonos, sin riegos, sin conocimiento del suelo y del subsuelo, nada puede esperarse para mejorar la agricultura; y aun cuando tal vez, á primera vista, alguien juzgue que la acción del Estado no debe atender á estos asuntos, sino dejarlos á la libre acción de los particulares, á poco que se reflexione pronto se adquiere el convencimiento que escasa utilidad verdadera se conseguiría con tal sistema, ni aun en los pueblos más prósperos, donde los individuos,

solos ó asociados, llegan á resolver empresas de tal magnitud, que entre nosotros apenas pueden concebirse. De aquí que en todas las naciones se estudien y realicen por los Gobiernos los medios de auxiliar á la agricultura, y no á otra cosa obedecen los estudios geológicos, las canalizaciones y alumbramientos de aguas, la creación de granjas y escuelas modelos, los pósitos y bancos agrícolas y las leyes que regulan todas estas cuestiones.

En España los estudios de canales y pantanos se llevan con actividad é inteligencia por el Cuerpo de Obras públicas; también se ha atendido al desarrollo de los trabajos agronómicos en establecimientos oficiales que sirven de norma á los particulares; leyes previsoras para el fomento y progreso de la agricultura y para la protección y aumento del crédito de los labradores se han dictado en muchas ocasiones, y la Comisión del Mapa geológico ha concluido ya notables trabajos destinados á determinar la clase, circunstancias y condiciones de yacimiento de los materiales que forman el suelo y el subsuelo de la nación; pero aún falta mucho camino que recorrer, pues si no basta al buen cultivo la poderosa influencia de los agentes naturales, tampoco se aseguran las cosechas contando sólo con las aguas que irregularmente dan los hidrometeoros en cada región.

Por esto, si después de conocida la composición de un terreno de labor, se deduce que éste no cuenta con los elementos inorgánicos necesarios, podrá mejorarse agregando, según los casos, ya cal, ya marga, ya sílice, ya arcilla, y las ventajas serán mayores si á aquellos abonos minerales, que los estudios geológicos enseñan en dónde existen, se añaden sales de potasa, sosa ó fosfatos naturales producto de yacimientos ya descubiertos ó que seguramente se han de descubrir en nuestro país, á juzgar por los antecedentes recogidos, y lo que sucede en Francia, Inglaterra, Alemania y otras naciones, donde los criaderos de rocas alcalinas y fosfatadas cada día se señalan en mayor número. Y si en lo dicho ha de ser muy ventajosa la acción del Gobierno, será decisiva si busca y halla el medio de ocurrir á las necesidades de los riegos, ya que no con todo el desarrollo exigido por la importancia del asunto, á lo menos en la proporción permitida por los medios y los recursos con que se cuente, y conservando, sin desmayo, cuanto en la actualidad se lleva á cabo para la construcción de canales y pantanos, se completa la influencia y la acción de estas obras, investigando las condiciones todas de las aguas subterráneas hasta llegar á iluminarlas.

No era la situación de Francia en tiempo de Enrique IV más ventajosa que la actual de España; y no obstante, á los esfuerzos del Ministro Sully para mejorar las canalizaciones y el aprovechamiento de las aguas, se debió el que aquella nación entrase en una época de regeneración y grandeza, salvándose de los desastres que habían originado las turbulencias, divisiones y guerras civiles.

Los pozos artesianos suplen en ocasiones por sí solos la falta de aguas corrientes y no son desconocidos en España, pues sin contar los manantiales que en muchas partes surgen naturalmente elevando sus raudales por cima del suelo adyacente, dos casos, entre otros bien notables, pueden citarse de fuentes que, después de trabajos afortunados, no sólo aumentaron su caudal, sino que éste subió de nivel considerablemente, siendo ambos hechos anteriores al verdadero conocimiento de la industria de las aguas artesianas.

Cavanilles, en su famosa obra *Observaciones sobre el Reino de Valencia*, dice del manantial conocido con el nombre de *Brullador*, en el término de Chella: «La huerta tiene muy cerca de 2500 hanegadas, que se riegan con varias fuentes, y principalmente con la del *Brullador*, que pocos años hace era pobre y hoy (1795) forma un riachuelo. Brotaba con fuerza por las grietas que había en las raíces de un cerro calizo, dando indicios de hallar obstáculos entre las peñas: rozáronse éstas, ensanchando la raja, y se logró un aumento tan grande, que ahora se levanta con ímpetu un golpe de agua suficiente para regar 1000 hanegadas.»

En la provincia de Teruel, la fuente *Cella*, de que ya hemos hablado, y que da origen al río de su nombre, es un manantial iluminado artificialmente en 1729 bajo la dirección de un ingeniero que comisionó la Audiencia de Aragón para desecar la laguna que existía en la localidad con gran daño de la salud del pueblo. El agua brota á borbotones desde unos 20 metros de profundidad, con un volumen que pasa en tiempos normales de 2000 litros por segundo, y sus aguas riegan más de 2500 hectáreas, desde Cella hasta Villafranca, dando además impulso á varios molinos.

Que existen otros casos análogos se justifica sabiendo que hay un pozo en Cotanes, pueblo de la provincia de Zamora, que podría fácilmente ser artesiano, pues su profundidad no pasa de ocho metros y en su fondo hay siempre agua abundante. Este pozo, que está excavado en los maciños de la base del terreno terciario, cuéntase que en el año 1822 se llenó de repente hasta el brocal, volviendo á las

veinticuatro horas á quedar en su estado ordinario, sin que nadie hubiese sacado una gota de agua; lo que se atribuye á una corriente que sin duda atraviesa el pozo, y que, interceptada en su marcha por cualquier obstáculo, subió de nivel en donde halló abertura, hasta que, vencido el entorpecimiento, tornó á sus condiciones ordinarias.

También en Villatoquite, provincia de Palencia, abrieron hacia 1860 un pozo en el corral de una casa, y el agua surgió con ímpetu, inundando el patio, las habitaciones y saliendo á la calle, hasta que el dueño se vió en la precisión de cegar la obra; lo que indudablemente demuestra que en aquel sitio existen aguas ascendentes.

El ingeniero Sr. Sánchez Lozano, ha visto en San Román de la Cuba, provincia de Palencia, que las aguas de la fuente donde se surten los vecinos, proceden de un pozo de muy antigua construcción, y en él, aun cuando, desde el principio, se quiso contener la subida del manantial cerrando el paso con una piedra de molino, el caudal es tan claramente surgidor, que actualmente se eleva más de dos metros por encima del suelo.»

*
*
*

En el primer tercio del siglo pasado ya se intentaron sondeos buscando manantiales en algunos puntos de España, principalmente en Castilla la Nueva y Cataluña, y esto dió lugar á los escritos de Bordiu y de Llobet y Vall-Losera, que estudiaron en 1830 y 1834 las probabilidades de encontrar aguas artesianas en Madrid y Barcelona.

Poco después, en 1835, el Secretario de Estado y de Gobernación, animado por los resultados conseguidos por entonces en París con la perforación del pozo de Grenelle, elevó á S. M. la Reina Gobernadora una exposición, en la cual se manifestaba: «Que conocida la escasez de aguas en España, el Gobierno en diferentes épocas ha intentado poner remedio á las necesidades emprendiendo obras costosas, de las que si algunas han correspondido á su fin y se conservan, otras sólo han servido para causar inmensos gastos, acometiendo empresas que nunca podrán llegar á término.

«La falta de aguas de riego, añadía la exposición, ha contribuido á la escasez de frutos, impidiendo su variedad y perjudicando á sus valores, y ha dificultado contar con eficaz medio para prevenir los males que se originan de la falta é incertidumbre de cosechas, sien-

do cierto que no se han aprovechado las aguas subterráneas como conviene, aunque son de gran utilidad en las localidades que no pueden contar con otras, y cuando su alumbramiento y beneficio se proporciona en general á menos costo que el necesario para la dirección y aprovechamiento de las corrientes superficiales.»

Fundándose en estas razones, se proponía el nombramiento de dos brigadas de Ingenieros de Minas, que habian de recorrer las provincias de ambas Castillas para demarcar las localidades en que con más probabilidad se podría intentar la perforación de pozos artesianos, y al propio tiempo se disponia que se procediese á ajustar, por tiempo determinado, algunos contra maestros y oficiales extranjeros inteligentes en la ejecución de semejantes trabajos, para proceder á realizarlos donde se juzgase oportuno.

Este plan fué aprobado por Real decreto y los Ingenieros comenzaron sus tareas. Señalaron diferentes puntos en Castilla la Nueva y en Castilla la Vieja donde era probable la existencia de aguas ascendentes; pero la guerra civil interrumpió la obra y todo quedó en indefinida suspensión, perdiéndose los trabajos realizados.

Volvió á pensarse en el asunto en 1861, y una circular que por el Ministerio de Fomento se pasó á los Ingenieros de Minas, jefes de las provincias, dió lugar á las contestaciones de éstos, manifestando cada cual su opinión acerca de la probabilidad de hallar aguas artesianas en los respectivos distritos; datos que se completaron respondiendo á otra comunicación, también del Ministerio de Fomento, que se transmitió en 1865.

En 15 de Febrero de 1865 se creó en Madrid una Comisión permanente de Ingenieros de Minas para la formación de mapas geológicos provinciales, que, con arreglo á lo que se ordenaba por el Ministerio, habian de ser «con inmediata aplicación á la agricultura, á la minería, á la industria, á las construcciones y á la investigación de aguas artesianas y minerales;» pero desgraciadamente nada llegó á hacerse.

Persistiendo el Gobierno en su idea, la consiguió al reorganizar en 1873 la actual Comisión del Mapa geológico de España; y así es que en la instrucción dictada para el mejor orden de los trabajos, se disponia que se prestase atención preferente al «estudio de los manantiales de aguas potables y minerales, y descripción de las cuencas hidro-geológicas para la perforación de pozos artesianos y establecimiento de pantanos y represas.»

Conocidos son los frutos de esta disposición, pues las Memorias de la Comisión los consignan; pero es lo cierto que en tan largo periodo como es el transcurrido desde 1835 hasta la fecha, la investigación y alumbramiento de aguas sólo se ha hecho por los particulares, pues el Gobierno no ha podido dedicar al asunto los recursos necesarios, aun cuando los datos teóricos para resolver la cuestión en varios puntos se hayan señalado en las dichas Memorias geológicas provinciales publicadas por cuenta del Estado, y estén narradas en ellas las localidades donde con más probabilidad podría conseguirse sacar á la superficie las aguas subterráneas.

Debe, sin embargo, recordarse que nuestra Península no es de los países que más se prestan para alumbramientos surgidores, pues tanto por lo quebrado del suelo cuanto por la composición geológica y las dislocaciones estratigráficas de los terrenos, naturalmente queda excluida de las investigaciones de que se trata buena parte de la superficie de la Nación. Provincias casi enteras no ofrecen condiciones favorables desde luego para la existencia de aguas ascendentes, pues ni en las rocas hipogénicas, ni en las sedimentarias de los terrenos antiguos, son de lograr ordinariamente resultados satisfactorios. A primera vista, en las grandes cuencas terciarias y cuaternarias del Duero, del Tajo, del Ebro y del Guadalquivir, es donde puede esperarse dar con veneros de consideración, precisamente en comarcas cuya vida principal depende de la agricultura; pero tampoco ha de confiarse de manera general en que así suceda, á juzgar por las observaciones de diferentes geólogos é ingenieros, pues si es indudable la existencia de aguas subterráneas, es sabido también que si las alcanzadas con un taladro han de ascender á la boca de este, se necesita que la capa acuifera se halle contenida entre rocas impermeables, y que todo vaya á aflorar, sin interrupciones, á sitios más altos que el nivel en que se ha establecido el sondeo.

Con relación á la cuenca del Duero, se ha consignado que, en general, no tienen las capas de las zonas estratificadas modernas la conveniente distribución en masas de mucho espesor con alternancias impermeables y permeables, ni los bancos se doblan suavemente con inclinaciones y buzamientos á propósito para el caso, ni suelen ofrecer la continuidad necesaria. Para obtener, pues, caudalosas aguas artesianas en esta cuenca, sería preciso atravesar, no solamente un espesor de más de 300 metros, término medio del de las formaciones pétreas de agua dulce, sino tal vez otro tanto ó poco

menos de las calizas y margas cretáceas hasta tocar las arcosas de la base de este sistema geológico; y si en ellas no se encontrase caudal suficiente, tendría que buscarse por bajo de las margas liásicas, otros 100 metros más profundas. Investigación á tan considerable hondura, sería de probables resultados en los bordes septentrional y oriental de la cuenca terciaria, por las provincias de León, Palencia y Burgos; pero muy problemática en los confines meridionales, pues en los territorios de Zamora, Salamanca y Ávila el terciario yace inmediatamente sobrepuesto al estrato-cristalino, al cambriano ó al granítico, que son formaciones, según se ha indicado, poco á propósito para la iluminación de aguas ascendentes.

Lo mismo que se ha dicho de las grandes manchas terciarias y cuaternarias de la cuenca del Duero es aplicable á las del Ebro, donde todavía más claramente se ve que no llenan los estratos cumplidamente las condiciones necesarias para la presencia de grandes masas de aguas ascendentes. Por otra parte, y como regla general, casi todos los bancos del mioceno, que es el terreno más extenso y topográficamente mejor dispuesto para el caso, ni son euteramente permeables ni suficientemente impermeables, pues predominan entre ellos las molasas demasiado arcillosas, las margas con frecuencia yesíferas y las arcillas excesivamente sabulosas. Además, y ésta es peor circunstancia, unas y otras capas no constituyen, por regla general también, hiladas continuas en extensiones considerables, sino que tienen espesores muy desiguales y se ofrecen á modo de lentejones interrumpidos en muchos sitios.

Prueba cierta de la pobreza de aguas subterráneas en el mioceno del Ebro es la escasez de los manantiales del país, en su mayoría secos buena parte del año, ó si manan con caudales verdaderamente exiguos.

Tampoco hay hasta ahora datos satisfactorios por estudios concretos de las cuencas del Tajo y el Guadiana, y en el valle del Guadalquivir ha de ocurrir, probablemente, lo mismo que en las formaciones de agua dulce del Ebro, del Duero y del Tajo.

Para encontrar en Andalucía baja aguas ascendentes en abundancia, sería preciso atravesar las masas terciarias, debajo de las cuales aparecerían los materiales cretáceos formados de rocas impermeables en su mayor parte, y sólo donde se encontrasen lechos permeables ó grandes oquedades llenas de agua, caso, como ya sabemos, no raro en las calizas secundarias, los resultados serían

más favorables, sobre todo hacia los bordes meridionales del terreno terciario.

*
*
*

Hay, no obstante, datos más ó menos positivos que conviene recordar.

Hacia el año 1836 se abrieron dos pozos en Madrid, en el camino de Fuencarral, con auxilio de la sonda; pero antes de llegar á buena profundidad, como no dieran aguas ascendentes, fueron abandonados. Igual suerte cupo á un ensayo que el Ayuntamiento hizo en la Plaza del Rey el año 1849; y tampoco fué más afortunado el señor Matheu en su casa de la calle de Espoz y Mina, cuando en 1850 bajó con la sonda á mayor hondura que en las anteriores tentativas, pues taladró 195 metros, atravesando las arenas cuaternarias y parte de las rocas terciarias; pero no se llegó á cruzar todo el espesor de las últimas, como para obtener algún resultado se debía haber hecho, según han demostrado estudios posteriores.

La Compañía del Ferrocarril de Alicante consiguió en 1859 obtener en la estación de Albacete aguas ascendentes desde los 87 metros; mas ni en Alcázar de San Juan, donde estableció otro sondeo que bajó hasta 105 metros de profundidad, ni en la posesión de Los Llanos, en la provincia de Albacete, donde el Marqués de Salamanca taladró 187 metros de rocas, se obtuvieron aguas artesianas.

Se perforó en 1862 en Cartagena, en la Plaza del Rey, un pozo que á los 30 metros dió aguas surgidoras, aunque de mala calidad; pero en una propiedad particular, no lejos de la ciudad, se abrió poco después un taladro que llegó á 142 metros, y que fué abandonado sin encontrar aguas.

En la huerta de Murcia, por consejo del sabio Ingeniero de Minas D. Federico de Botella, se acudió, en 1865, al ensayo de los pozos artesianos, con tan buen éxito, que en el día pasan de 100 los de esta clase que hay en la huerta, con aguas que surgen de profundidad variable entre 30 y 40 metros. El coste aproximado de cada uno de estos pozos, inclusa la tubería de revestimiento, es de 2000 pesetas, y el líquido asciende de dos á seis metros por cima de la superficie, con caudal variable, según los pozos, entre 500 y 1800 metros cúbicos al día. La zona donde se han instalado los pozos se extiende desde dos qui-

lómetros al E. de Murcia hasta los confines de la huerta de Orihuela, habiéndose observado que no hay manantiales surgidores en puntos muy próximos al cauce del río, ni en la ciudad, ni por cima de ésta.

Fué el primer sondeo establecido en la provincia de Valencia el de la fábrica de mosaicos de Noya, en Alboraya, cerca de la capital, y bastó un mes de trabajo para que á los 49^m,79 de profundidad se obtuvieran aguas ascendentes que salen á la superficie, con volumen medio de 190 litros por minuto, desde 1.º de Octubre de 1866.

El Ayuntamiento de Málaga mandó abrir en 1869, en el sitio llamado Los Tejares, un pozo que había de absorber y dar salida á las aguas encharcadas que allí existían; pero en lugar de la capa absorbente que se buscaba, antes de los 50 metros, y en el contacto de las arcillas terciarias con las rocas metamorfoseadas inferiores, surgieron aguas artesianas con fuerza ascensional bastante para elevarse dos metros sobre el nivel del suelo. El hallazgo hizo renunciar de buen grado á la idea primera, y revestido el taladro con una tubería, desde aquella fecha se utiliza el manantial para el riego, si bien el caudal es muy variable, según las estaciones. Este resultado animó al Ayuntamiento malagueño á establecer pocos años después en la Plaza de la Victoria de la misma ciudad, no lejos del punto citado, pero sin contar con el cambio de condiciones stratigráficas, otro sondeo que, aun cuando llegó á la profundidad de 125 metros, no dió resultado, y hubo de abandonarse después de haber bajado el trépano 40 metros dentro de las pizarras que sirven de asiento á las rocas terciarias.

Se han perforado en los últimos treinta años diversos pozos en Figueras y en algunos otros puntos del Ampurdán, que encontraron aguas surgidoras á profundidades variables entre 120 y 140 metros, y por esto la industria de los pozos artesianos está muy acreditada en el territorio gerundense.

También en la provincia de Cuenca, en el término de Henarejos, donde existe una cuenca carbonífera, se hizo en 1865 un sondeo para buscar la continuación subterránea de las capas de hulla, y si éstas no se descubrieron, en cambio á los 140 metros de profundidad se cortó un nivel acuífero muy importante que surgió á la superficie del terreno.

Hace años que se comenzó en Palencia un pozo artesiano que llegó á 90 metros de profundidad sin resultado apreciable, como podía haberse previsto dadas las condiciones stratigráficas del terreno, y

lo mismo sucedió, y por causas análogas, cerca de Valladolid, y en Elche y en Játiba, si bien en el último punto las aguas encontradas con la sonda, aun cuando no llegan á la superficie, se elevan lo bastante para que haya utilidad en extraerlas con un aparato suplementario.

Por la Comunidad de regantes se intentó en Alicante, hacia 1870, la perforación del pozo de Muchamiel, á 15 quilómetros de la capital; pero hasta la profundidad de 250 metros que alcanzaron los trabajos, sin más norte que el capricho de la Comunidad, no se logró ningún resultado positivo, que tampoco se consiguió con el sondeo empezado en 1878 en la misma capital bajo la dirección del contratista francés Sr. Richard, aunque en 1881 se había llegado con el trabajo á 585 metros de profundidad, donde quedó parado. En cambio, en el término de Sax se han alumbrado hace pocos años aguas artesianas en cinco pozos que dan unos 100 litros de agua por segundo, y que se conducen hasta la capital de la provincia con un trayecto de cerca de 60 quilómetros. Además, se han conseguido aguas surgidoras en varios pozos de menos de 40 metros de profundidad abiertos en Laricejo, aprovechándose el caudal total, que pasa de 300 litros por segundo, en el riego de tierras.

Fué también nulo el resultado del pozo que se comenzó en Vitoria el 3 de Noviembre de 1877 por el Ayuntamiento de la ciudad en contrata con el citado Richard, pues hubieron de suspenderse los trabajos el 26 de Septiembre de 1881, cuando el sondeo alcanzaba la extraordinaria profundidad de 1024 metros, á la que ocurrió la rotura del trépano y de cuatro aparatos de extracción, con 1887 metros de barras de hierro empleadas para sacar el primero. El contratista solicitó de la Dirección general de Obras públicas una subvención de 125000 pesetas para continuar el sondeo; y consultada la Comisión del Mapa geológico, informó que no debía concederse el crédito pretendido, pues la esperanza de encontrar aguas ascendentes era remota, según lo demostraban los datos existentes en la misma Comisión antes de comenzarse los trabajos, y que tanto el Ayuntamiento de Vitoria como el contratista hubieran podido obtenerlos primero de hacer gasto alguno.

Tuvo mal éxito el pozo que en Alcalá de Chisvert, provincia de Castellón, abrió el geólogo español D. Juan Vilanova. El sondeo, comenzado en 1877, se detuvo al siguiente año, á los 152 metros de profundidad, á la cual las aguas, si bien eran ascendentes desde el fondo, quedaban á 32 metros por bajo de la superficie del

terreno, y por más que el dueño de la finca entendía que pudieran ser surgidoras alargando el taladro hasta profundidad no muy considerable, ésta no se pudo alcanzar por insuficiencia de recursos.

En el año de 1880, la Compañía minera de Tharsis comenzó un sondeo en la ribera derecha de la ría de Huelva, que en poco menos de 100 metros de profundidad cortó cuatro niveles acuíferos, aun cuando de no muy gran valor.

Dos años después los dueños de la mina de Riotinto emprendieron la perforación de dos pozos artesianos, también á orillas de la ría, pero en la margen izquierda, y el más profundo de ellos, que tiene 215 metros, se dió por concluido en Febrero de 1884, pues las aguas alcanzaron el nivel de la superficie, y por más que no sean muy abundantes, bastan para los talleres que en la localidad tiene la Compañía explotadora de las minas.

*
* *

Apartándose de pesimismo exagerados, varios geólogos, con los más plausibles deseos, han hecho indicaciones, según las cuales pudieran conseguirse resultados de interés en el centro de España con la investigación de aguas artesianas.

A juicio de D. Casiano de Prado, en la base del mioceno de las provincias de Madrid y Guadalajara se hallan rocas detríticas ó arenosas en disposición favorable para la obtención de aguas artesianas, debiendo presentarse más abajo areniscas cretáceas más ó menos acuíferas, siendo, pues, claro, según el sabio ingeniero, que á la profundidad de 195 metros, que, como ya se ha dicho, tenía el pozo artesiano que se abrió en Madrid en el Pasaje de Mateu, no se había llegado á los estratos arenosos, puesto que apenas se había pasado del nivel á que asoman en Aranjuez las arcillas y yesos miocenos, dispuestos, como en Madrid, en capas horizontales. Faltó, pues, constancia y conocimientos para el buen resultado que, al parecer, no estaba muy lejano.

Refiriéndose al territorio de Cuenca, ha dicho el que esto subscribe, que si las circunstancias estratigráficas son poco favorables en la parte más quebrada de la provincia, por el contrario, en las zonas de la Mancha y de la Alcarria, las condiciones de superposición de los terrenos prometen mejores esperanzas de éxito para el alumbramiento de aguas artesianas con sondeos convenientemente colocados, y pa-

recen sitios adecuados para iluminar aguas que pudieran ser ascendentes, el Campichuelo de Rivatajada y las cercanías de Belmonte, San Clemente, Mota del Cuervo y algún otro punto.

Con relación á la provincia de Teruel, indicó el geólogo Vilanova como puntos á propósito para la perforación de pozos artesianos las localidades cretáceas de Cantavieja, Mirambel, Mas de las Matas, Calanda, La Ginebrosa, Camarillas y Rubielos; las jurásicas de Sarrión, Calomarde, Guadalaviar y Griegos, y, aunque con menos probabilidades, las triásicas de Arcos, Manzanera y Hoz de la Vieja, agregando, por fin, que podrían intentarse sondeos útiles en algunos puntos de la cuenca terciaria del rio Cella, según se deduce por la presencia de los famosos manantiales de los Ojos de Monreal y de Calanda.

En opinión del mismo geólogo, en la provincia de Castellón podrían hacerse ensayos de perforación con probabilidades de éxito en las dos grandes llanuras que se extienden desde Almenara hasta Benicasin y desde Oropesa á Torreblanca; en los valles de Ribamar, Estopet y Alcalá; en la llanura de Benicarló y Vinaroz, como lo atestigua la fuente de Peñíscola; en la hermosa vega de San Mateo; en las de Albocácer y Cuevas, como bifurcación de aquélla; en las cuencas de Morella y Cincorres; en Jérica, Vivel y toda la falda jurásica que media entre Bejis y la Masia de Rivas, y en la extremidad meridional de la sierra de Espadán.

Para la provincia de Valencia señaló el mismo Vilanova como localidades en que habría probabilidades de buen éxito, á Arás, Titaguas, Requena y los pueblos situados al pie de los montes que limitan la vega de Valencia, especialmente en Carlet, Algemesi, en varios puntos de la vega de Gandía, en Simat y en Tabernes.

Además, si en ocasiones no es manifiesta la disposición general estratigráfica que desde luego asegure éxito feliz para el alumbramiento de aguas artesianas, el estudio geológico detenido de la comarca de que se trate puede llegar á afirmar la posibilidad de encontrar aguas ascendentes con sondeos bien establecidos.

Así, por ejemplo, á pesar del mal éxito de lo hecho cerca de Valladolid, en Medina del Campo, junto á la estación del ferrocarril, donde, según los datos generales de la topografía provincial, los veneros subterráneos abundantes sólo podrán encontrarse á profundidades de 400 á 500 metros, un sondeo que no salió de la masa diluvial en toda su altura de 45 metros, ha dado con un caudal de 12000 litros por hora de aguas que surgen enrasando con el terreno.

En el hospital del mismo Medina también se repitió el hecho, y el resultado aún fué más satisfactorio en el pozo establecido en la Plaza principal de la población, pues al llegar la sonda á los 41'50 metros, el agua formó un surtidor de cerca de dos metros sobre el suelo de aquella plaza. El nivel freático es el mismo para los tres casos; pero siendo menor la altitud de la boca del último taladro, es claro que las aguas pueden subir por cima de ella.

Animados con el éxito de los pozos de Medina algunos vecinos de la Nava del Rey, se asociaron para establecer un sondeo en su pueblo, y si bien á los 69 metros de hondura se encontraron aguas ascendentes, quedan éstas 12 metros por bajo de la superficie, y nada más ventajoso se obtuvo, por mas que el taladro pasó de 86 metros.

De todos modos, estos resultados, además de su positiva ventaja, han servido para un buen estudio hidro-geológico del país, hecho por el ingeniero D. José Mesa y Ramos, que ha de facilitar investigaciones ulteriores.

Examinando los pozos que hay en la ciudad de Zamora y las rocas terciarias en que aquéllos están abiertos, el Sr. Puig, en su Memoria geológica de la provincia, consigna que allí hay una cuenca con varios lechos acuíferos comprendidos entre cuatro de arcilla impermeable. El más alto de éstos aflora á la superficie en gran extensión, y su centro está cubierto por arcosas miocenas con tan pequeño espesor, que sólo pueden contener cortas cantidades de agua; en el segundo nivel se retienen los veneros que alimentan las fuentes de Valderrey y de La Alberca; el tercer nivel sirve de base á la capa acuífera de la fuente de la Reina, de las norias del vallejo de San Lázaro y de muchos pozos de la población, y por el cuarto nivel se desliza el líquido que alimenta las fuentes de Guimarrey y del Dornajo. El tercer nivel, que es el más importante, asoma á la derecha del Duero en las Peñas de Santa Marta, en cuyas escarpas, por encima del mismo lecho de arcilla, rezuma el agua copiosamente, sobre todo en tiempos lluviosos, y así tenemos que en los 80 kilómetros cuadrados que á la derecha del Duero mide el manchón terciario de Zamora, se puede calcular, contando los tres niveles acuíferos inferiores, que se reúne anualmente un caudal de más de siete millones de metros cúbicos, suponiendo que por término medio llegue en ese tiempo á 566 milímetros la altura de las aguas de lluvia, y que una cuarta parte de éstas se infiltre en el terreno, y es muy probable que parte de ellas podrían brotar por pozos artesianos en algunos puntos

de la zona terciaria, convenientemente elegidos, siquiera los caudales no fuesen extraordinarios.

Consignemos, por fin, que en estos últimos tiempos se han encontrado aguas artesianas con sondeos de sólo 40 á 100 metros de profundidad dentro de los terrenos terciarios y cuaternarios de las provincias de Palencia y León, y en condiciones análogas en otros puntos de la Mancha baja y del litoral del Mediterráneo, siendo cada vez más frecuentes las tentativas, pues que á ello anima el saber que los *poceros* valencianos que se dedican á estos trabajos los ejecutan con gran rapidez y coste medio de sólo unas 60 pesetas por metro de pozo terminado.

* * *

Conocidos todos los antecedentes expuestos, para cumplir lo ordenado en el Real decreto de 15 de Julio de 1905, el Director de la Comisión del Mapa geológico designó el personal que había de empezar los trabajos en la cuenca del Tajo en la provincia de Madrid, teniendo en cuenta que también cuando en 1849 se creó la primera Comisión encargada de trazar el «Mapa geológico de España,» se dispuso que comenzasen las operaciones en el territorio matritense, consideración á la cual ha de añadirse ahora el estar ultimadas las hojas correspondientes del Instituto geográfico. Al efecto, se dividió la comarca donde los trabajos podían ser más eficaces en las cuatro zonas siguientes: 1.^a Desde Torrelodones á Navas del Rey y Madrid, parte encomendada al Ingeniero D. Horacio Bentabol. 2.^a Contorneada por el ferrocarril del Norte y el de Madrid á Zaragoza, encargada á los Ingenieros D. Juan García del Castillo y D. César Rubio. 3.^a Circunscrita entre el ferrocarril de Madrid á Zaragoza y el de Madrid á Cáceres y Portugal, donde debían trabajar los Ingenieros D. Rafael Sánchez Lozano y D. Mariano Alvarez Aravaca. Y 4.^a Comprendida entre Madrid, San Martín de Valdeiglesias y el ferrocarril de Madrid á Alicante, tarea destinada al Ingeniero D. Ramón Adán de Yarza; y para que las observaciones hidro-geológicas tuviesen la debida uniformidad y fueran después de fácil comparación, se dictó el interrogatorio é instrucciones siguientes á que habían de atenderse los Ingenieros al recorrer las zonas de los respectivos estudios:

Interrogatorio.

1.—¿Qué hay de aguas en esta localidad?

- 2.—¿Son muchas ó pocas?
- 3.—¿Las potables abundan?
- 4.—¿Son de pozo,
- 5.—De fuente,
- 6.—De río,
- 7.—De aljibe?
- 8.—¿Hay aguas minerales conocidas de antiguo ó descubiertas modernamente?
- 9.—¿Son muy duras, gordas ó tercas las impotables?
- 10.—¿Y las potables, son finas ó gruesas?
- 11.—¿Tienen temperatura constante, es decir, son frías en verano y calientes en invierno?
- 12.—¿Los manantiales se presentan en niveles marcados ó en distintas alturas?
- 13.—¿En qué clase de rocas?
- 14.—¿Hay manantiales surtidores ó ascendentes?
- 15.—¿Se nota variación en el caudal de las fuentes con el cambio de periodos de lluvias y sequías?
- 16.—¿Cuánto tiempo pasa desde los temporales hasta el aumento ó disminución de las fuentes? Para esto, basta saber el tiempo del año en que se notan más los cambios de régimen de las aguas.
- 17.—¿Se advierten turbiedades de los manantiales en épocas determinadas?
- 18.—¿Vienen las fuentes encañadas de muy lejos?
- 19.—¿Hay norias y huertas dentro ó fuera de las orillas de los ríos ó arroyos de la localidad?
- 20.—¿Hay en ésta algún canal ó pantano?

Cual ampliación del anterior interrogatorio, que se habia de contestar con los datos obtenidos en las comarcas donde se trabajase, se ordenó tener en cuenta las observaciones siguientes, dictadas para completar la uniformidad de los estudios hidro-geológicos:

Datos generales.

1.º Situación de los manantiales, pozos, lagunas, charcas, etc., determinada por la distancia y orientación, aproximadas, al pueblo en cuyo término radiquen, siempre que aquéllos no estén señalados en las hojas del Instituto geográfico y estadístico.

2.º Formación geológica donde brotan y radican los veneros con

cuantos detalles puedan consignarse respecto á los espesores y composición de los terrenos, acompañando, al efecto, la explicación con los perfiles que se estimen necesarios.

5.º Temperatura, volumen y calidad de cada manantial. Lo último determinado con ensayos hidrotimétricos.

4.º Aplicaciones que las aguas reciben en el país y las que fácilmente pudieran tener.

Datos de carácter particular relativos á los veneros.

A.—Si son permanentes ó no, y fenómenos de intermitencia.

B.—Conexión ó independencia de los manantiales con otros más ó menos próximos, para poder determinar las zonas acuíferas correspondientes.

Datos de carácter particular relativos á los pozos.

A'.—Si son de antigua ó de reciente apertura.

B'.—Naturaleza y espesores de las rocas que atraviesan.

C'.—Mayor ó menor probabilidad de aumentar el caudal con la profundidad.

D'.—Determinación de los niveles freáticos, en vista de todo lo observado en los pozos de una zona dada.

Datos de carácter particular relativos á las corrientes.

A".—Si los ríos ó arroyos de que se trata son de curso continuo ó interrumpido, y en este caso el tiempo aproximado que en cada año quedan en seco.

B".—Determinación de aforos y comprobación ó aclaraciones, si se juzgan necesarias, de los conocidos de antes.

C".—Caracteres y extensión de los aluviones.

D".—Pérdidas de caudal y sus causas.

E".—Puntos en que pudieran alumbrarse dentro de las masas aluviales aguas permanentes.

Datos de carácter particular relativos á las lagunas ó charcas.

A'''.—Si son naturales ó artificiales.

B'''.—Extensión y volumen de las aguas.

C'''.—Si son perjudiciales á la salud pública, y en tal caso el modo de obtener la desecación, sea con pozos absorbentes, con canales ó con minados.

En general, y siempre que sea posible, se recogerán ejemplares de las rocas en que broten ó de donde procedan los manantiales.

Reunidos los datos, se redactará un informe con los siguientes artículos:

- 1.º CONSIDERACIONES GENERALES, en que se expongan los caracteres geológicos, orográficos é hidrográficos de la comarca.
- 2.º DESCRIPCIÓN DE LOS MANANTIALES, con los datos de carácter general y los especiales de cada caso.
- 3.º RESEÑA DE LOS POZOS, señalando sus condiciones, con igual sistema que para los manantiales.
- 4.º ENUMERACIÓN Y CIRCUNSTANCIAS DE LAS CORRIENTES DE AGUA.
- 5.º IDEM ID. DE LAS LAGUNAS Y CHARCAS.
- 6.º IDEM ID. DE LOS CANALES Y PANTANOS.
- 7.º CONCLUSIONES DE CARÁCTER PRÁCTICO.

*
* *

Contando con todo lo enumerado y con los conocimientos propios de cada uno de los Ingenieros de esta Comisión, se han verificado los trabajos, y las Memorias redactadas para reseñar las condiciones hidro-geológicas de las zonas respectivamente estudiadas en la provincia de Madrid, son las que se insertan á continuación para conocimiento del público, cumpliendo el art. 4.º del Real decreto de 15 de Julio de 1905, pues la Comisión ha de continuar en su empeño de realizar con brevedad cuanto en el mismo se ordena.

MADRID, Mayo de 1906.

El Director de la Comisión del Mapa geológico de España,

DANIEL DE CORTÁZAR.

MEMORIAS

ESTUDIOS HIDRO-GEOLÓGICOS

PROVINCIA DE MADRID

ZONA ENTRE TORRELODONES, NAVAS DEL REY Y MADRID

TRABAJO DEL INGENIERO JEFE

Sr. D. HORACIO BENTABOL

EXCMO. SR. DIRECTOR DE LA COMISIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO:

En cumplimiento de la orden relativa al estudio del régimen de las aguas subterráneas de la provincia de Madrid, he reconocido la zona que me fué desde luego asignada, y que es la comprendida dentro del triángulo cuyos vértices son Madrid, Torrelozones y Navas del Rey, obteniendo los datos de observación que á continuación consigno como avance de un estudio definitivo.

Es carácter general de la hidrología subterránea en la parte del terreno cuaternario por mi visitado, que en cualquier punto se encuentre agua con facilidad, ya, y con frecuencia, en espontáneos manantiales, ya subterránea completamente, pero circulante á escasa profundidad. Casi siempre el agua es potable, y muy á menudo de excelente, ó mejor dicho, de inmejorable calidad; mas las capas acuíferas son en general poco abundantes, con excepción de las que surten á algunos alumbramientos en Perales de Milla, Pozuelo de Alarcón, Humera y Real Casa de Campo, por lo cual escasamente bastan las descubiertas para los usos domésticos de la población actual.

En la misma Casa de Campo, que es la porción de la zona hasta ahora mejor abastecida, el agua es insuficiente para el riego de las parcelas que están sometidas al cultivo agrícola; por lo cual se aumenta con la del Lozoya, que por una fuerte tubería llega á un depósito elevado, sito cerca y al SO. de la línea del ferrocarril del Norte.

En mi opinión, las aguas subterráneas actualmente alumbradas deben considerarse en su mayor parte como locales, es decir, que provienen de filtraciones de las aguas llovidas sobre parajes poco distantes de los puntos donde se alumbraron, y su cantidad no es susceptible de gran aumento con los mezquinos medios empleados hasta hoy para mejorar algunas fuentes, ni aun con multiplicación en el número de alumbramientos del mismo género; pues si bien los nuevos trabajos darían aguas con facilidad, siempre serían pobres y á las veces á costa de las descubiertas. Por el contrario, creo que puede esperarse buen resultado de la realización de obras generales encaaminadas á retener el agua de lluvia que hoy se pierde en su mayor parte, agregando á ello ciertas iluminaciones hechas en mayor escala y en mejores condiciones que las existentes, según al final de este informe tendré el honor de explicar.

Hay generalmente tal descuido é ignorancia, aun entre las personas más ilustradas de las localidades reconocidas, en cuanto al aprecio de la cantidad de agua y demás circunstancias de las fuentes y pozos existentes, que ha sido con demasiada frecuencia imposible obtener todos los datos convenientes para puntualizar el estudio, sin concluir al fin, por no haber podido dedicar á cada lugar tiempo y presupuesto superiores á los disponibles desde el primer instante; por lo cual debe hacerse la salvedad de que los datos cuya falta se note en este informe, han de ser recogidos en otras excursiones, ya que ahora tan sólo se logró obtener lo que para cada lugar se consigna.

Una vez hechas estas advertencias, paso á describir los puntos reconocidos, empezando por la falda de la cordillera Carpeto-Vetónica y acercándome á Madrid con líneas transversales descendentes.

Torrelodones.

En los alrededores de la estación del ferrocarril y entre las varias casas allí construidas, hay pozos abiertos en el granito, con agua potable no escasa, que sube hasta un nivel de 8 á 10 metros bajo la superficie del terreno.

El pueblo dista de la estación unos 2200 metros en dirección E., y en la plaza se encuentra la única fuente que existe en él, siendo su caudal escaso, aun cuando los vecinos lo consideren como muy bastante, ya que surte dos caños que vierten en un mismo pilón.

El agua es cárdena, de excelente calidad, brota en el terreno granítico á poca distancia de la fuente pública, y su cantidad sufre alguna variación según son las estaciones lluviosas ó secas.

En el extremo oriental del pueblo y en una finca del Alcalde hay un pozo abundantísimo, en el granito descompuesto, que en todo tiempo rebosa y que no pudo profundizarse más que 4 metros á causa de la afluencia del agua.

También existen en el pueblo más de otros treinta pozos en diferentes casas, con agua somera y en casi todos cárdena.

Hay un pozo cubierto, entre la carretera y el ferrocarril, abierto entre el granito y el linderó del cuaternario, con agua permanente, potable, que se encuentra á 2 $\frac{1}{2}$ metros de profundidad.

En el barranco de La Torre, que marca la línea de contacto del granito y el cuaternario, brota el agua potable con relativa abundancia dentro de la alcantarilla que atraviesa el terraplén del ferrocarril, y el agua se utiliza en el riego de unas huertas que hay en el barranco y que se extienden hasta unos 250 metros más abajo del terraplén citado.

En la dehesa del Enebrillo, al SO. del ferrocarril y de Torrelodones, hay tres pozos con agua en el granito. Uno junto á la casa, con agua algo gorda y profundidad de 8'50 metros; otro con malacate de caballería, engranaje y bomba, de 7 metros de agua, que es potable; y un tercero, que es el más abundante y mejor de los tres, al E. del anterior, en un barranquillo que desagua en el de La Torre, teniendo el agua á 3'50 metros de profundidad.

Las Matas.

En el antiguo parador de Las Matas, hoy casa de labor del señor Ortueta, hay tres pozos excavados en la arena diluvial. Uno redondo, con agua escasa y algo gorda, á la profundidad de 5'50 metros, y otro de noria, con malacate, bomba y profundidad de 7 metros, agotado diariamente por el trabajo de una caballería en sólo dos horas. La calidad del agua es mejor que la del pozo anterior, del cual dista 50 metros al NE.; pero tal vez debido á la mayor renovación que en éste sufre el agua por la frecuencia y abundancia con que de él se saca. El tercer pozo está del lado opuesto de la casa, en otro corral, á unos 50 metros al NO. de los anteriores, y sólo tiene 5 metros de profundidad hasta el agua. Parece muy abundante, estando el

terreno aquí unos 2 metros más bajo que el jardín donde se encuentran los dos primeros.

En la estación del ferrocarril del apeadero de Las Matas hay tres pozos perforados en el cuaternario arenoso con profundidades, calidad y abundancia de aguas semejantes á las de los anteriores.

En el quilómetro 21 de la carretera hay un pozo abierto en la formación sabulosa con 25 metros de profundidad hasta el agua, que es poco abundante.

Al costado O. del ferrocarril hay, en el quilómetro 20, un pozo excavado en la masa diluvial de 9'30 metros de profundidad hasta el agua, abundante y algo cárdena, y que, según se asegura, en tiempos húmedos llega á subir al nivel del suelo; lo que se explica fácilmente porque el pozo está situado en un barranquillo, á la caída de una depresión general del terreno, en donde empieza el llamado barranco Hondo, salvado por la vía con una alcantarilla.

A dos quilómetros aguas abajo de este punto y en el mismo barranco Hondo, al E. del ferrocarril, hay un manantial potable y abundante. El agua es insípida y con algún desprendimiento de burbujas gaseosas, y dicen que es buena para la curación de llagas. Da algo más de medio litro por segundo y se aplica al riego de unas huertas.

En el mismo barranco hay otros manantiales más distantes del ferrocarril, que no fueron reconocidos, por estar ya fuera de la zona sometida á mi examen.

También fuera de esta zona, á un quilómetro al E. del ferrocarril y de la casilla del guardavía, en el barranco llamado de los Ceudes, se encuentran un manantial de agua cárdena permanente muy abundante, y una noria de caballería, con el agua á metro y medio de profundidad. Ambos veneros en el terreno cuaternario.

— Las Rozas.

Al O. de la vía y en el barranco de la Cruz Verde, que quélla atraviesa, existe un pozo excavado en la formación arenosa que tiene agua potable á la profundidad de 9 $\frac{1}{2}$ metros; pero escasa en cantidad y que casi se pierde en verano.

En el mismo barranco y del lado opuesto de la vía hay una fuente pobre de agua cárdena, que llega á secarse en estío.

Muy cerca de la estación de Las Rozas, al O. del ferrocarril y en

el barranco Marazueta, se encuentra un pozo redondo de 2 metros de diámetro y 8'30 metros de profundidad hasta el agua.

Este pozo, que tiene caudal abundante y de buena calidad, está situado muy cerca de la divisoria del Guadarrama y del Manzanares, y estuvo destinado á surtir de agua á los depósitos de la estación del ferrocarril.

Hay en el barrio alto del pueblo de Las Rozas, muy cerca de la estación, un pozo público con agua potable, pero escasa, y á 8 $\frac{1}{2}$ metros de hondura.

En el paraje más alto de estos lugares y dentro del jardín de la casa del Correo (casa de la viuda de Carlos Herrey), existen dos pozos, en comunicación interior, con agua potable á 27 metros de profundidad. El caudal se saca con un malacate de caballería y bomba, dando en el verano unos 2 metros cúbicos por día.

En el barrio bajo del pueblo hay varios pozos en diferentes casas. En la de Remigio Bravo uno con agua escasa y gorda á 22'5 metros de profundidad, estando el terreno en este punto 12 más bajo que en el anterior. En la casa de Cipriano Gallego, y con igual cota del terreno, se encuentra agua, también escasa y gorda, á 22 metros de profundidad. En la panadería de Adrián de Plaza, donde el terreno está pocos metros más bajo que en el anterior, el agua es igualmente escasa y gorda y á los 14 metros de hondura. En el patio de la casa del Alcalde hay otro pozo á la derecha de la puerta de entrada, con agua potable y abundante á la profundidad de 9'50 metros. Este se halla en una cañada, en la parte más baja del pueblo, y tiene galerías abovedadas en su fondo.

La única fuente de agua potable que existe en el pueblo está á las afueras del mismo, en un barranquillo cerca de 500 metros al N.NE. de la iglesia, y es tan escasa, que á las diez de la mañana del 12 de Octubre último había 52 cántaros y botijos esperando turno para tomar agua.

Río Guadarrama.

En el arroyo de la Fuentecilla, distante 2 quilómetros al NO. de Las Rozas, se presenta un escaso manadero de agua cárdena, á 40 metros de distancia en dirección al E. del puente de la carretera á Galapagar y al Escorial.

Siguiendo esta misma carretera, se corta el río Guadarrama á los 6 kilómetros de Las Rozas, atravesándole por un excelente puente de sillería con 7 arcos de medio punto de 9 metros de diámetro cada uno. El río pasaba solamente por el penúltimo el día 15 de Octubre, con un caudal que no llegaría á 10 litros por segundo, estando el resto del cauce ocupado por las arenas que absorben rápidamente el agua del río, hasta el punto de que á 3 kilómetros más abajo se pierde completamente la corriente superficial, según pude comprobar.

Pasado el río y en el arroyo de Fontarrón se ha hecho muy recientemente un pozo redondo cortando las arenas extendidas en capas próximamente horizontales, y se encontró el agua á 9'50 metros en propiedad de D. Antonio Guerrero.

En la casa llamada de Patatas, situada sobre una loma á la altitud de 800 metros, hay cuatro pozos con agua abundante y potable, que se encuentra á 6 metros de profundidad, estando aquéllos excavados en terreno cuaternario.

Valdemorillo.

La única fuente pública que corre en Valdemorillo tiene dos caños de buen agua que dan 25 litros por minuto para 5300 habitantes, por lo cual constantemente hay gente esperando á llenar, en tal número, que con frecuencia se ve en las primeras horas de la mañana más de 60 cántaros aguardando la vez. Esta fuente procede de un manantial que brota á poca distancia entre la masa del granito y un filón de pegmatita.

En las afueras del pueblo, y al costado del punto más alto de la carretera á Madrid, hay una fuente que goteaba con lentitud y escasamente cuando la visitamos.

En el pueblo existen varios pozos, de los cuales los más importantes son:

Uno en la fábrica de loza de D. Juan Falcó, abierto en roca feldespática, con agua abundante á 4 metros de profundidad, de que se surte el taller de calcomanía.

Otro al N. de la carretera, cerca de la fuente antes dicha, en la parte alta de ésta, que tiene á los 6 metros abundancia de agua potable, estando abierto en un aluvión local, pero con el fondo en granito.

En la parte baja del pueblo está el llamado pozo de la Tienda, con agua algo gorda, pero muy abundante, á la profundidad de 5 metros, abiertos entre la masa granítica.

Se quejan en Valdemorillo de que desde hace algunos años las fuentes y pozos van dando cada vez menos agua, y se proyecta hacer una nueva conducción para aprovechar algunos manantiales sitios fuera del pueblo.

A 2 kilómetros de éste y en el camino que va á Navalagamella se ve un pequeño manadero, y 2 kilómetros más adelante se llega al río Perales, casi seco en el estiaje, con algunas tablas de agua detenida.

Navalagamella.

Pasado el río Perales y kilómetro y medio antes de Navalagamella, hay un manantial escaso.

En el pueblo sólo cuentan con una sola fuente escasisima y pozos en la mayor parte de las casas, todos abiertos en el granito arenoso y con agua de calidad potable.

En la parte alta del pueblo y al O. del mismo, hay también un pozo con agua potable, no muy abundante, pero que sube hasta la superficie del terreno.

Hay otro abundante y también potable al O. de la iglesia, en casa de Pio Rodríguez, con profundidad de 3'50 metros hasta el agua.

A 5 kilómetros del camino de Navalagamella está el arroyo de Colmenar, con algunos charcos pequeños.

Colmenar del Arroyo.

Este pueblo está situado en una depresión del terreno, bastante abierto en esta parte y atravesado por el arroyo de Colmenar, en el terreno cuaternario, formado por arenas y arcillas con no muy gran espesor, por lo cual, tal vez, en el plano geológico de la provincia de Madrid se marca el sitio como de terreno primitivo.

Igual rectificación debe hacerse para el pueblo de Navas del Rey.

Este es uno de los más abundantes en aguas entre los visitados, y tanto dentro del mismo como en sus alrededores hay arboledas mucho mejores que las que suelen verse en toda esta parte de la provincia.

En el camino de Navalagamella, un kilómetro antes de entrar en Colmenar, hay un buen manantial. Más cerca y al N. se encuentra el venero del Berro, que sirve de lavadero y da medio litro por segundo. Detrás de la iglesia y frente á la casa del médico, en una plaza propiedad de éste, hay una buena fuente con su pilón de sillería y agua potable con caudal de 15 litros por minuto: es permanente y brota en un pozo próximo abierto entre granito, creciendo considerablemente su caudal en el invierno. Esta fuente es sólo para servicio privado; pero existe otra que es pública, al lado del cementerio, dando próximamente la misma cantidad de agua que aquélla y con aumento cierto después del estiaje.

Al O. del pueblo, en el cerrillo llamado de Canales, hay una fuente permanente y otro manantial también constante en el prado llamado Gimolín, que da ordinariamente un cuarto de litro por segundo, y es empleada en abreviar ganados.

Cerca de la anterior se halla en el mismo prado la fuente llamada Masena, con caudal, próximamente, igual al de la anterior.

En la cañada Navazás se encuentra una fuente con ricas aguas potables en abundancia de cuarenta litros por minuto, y más distante que la fuente del Berro, en la misma dirección, está la de la Charra, que da por segundo cerca de un litro.

La más copiosa de todas las fuentes del término brota en una pradera al E. del pueblo por encima de la fuente del médico y á distancia de 150 á 200 metros de ésta, dando cien litros de agua al minuto.

Además, hay en el pueblo de Colmenar diversos pozos de agua potable que la tienen á metro y medio ó dos metros de profundidad.

Chapinería.

El pueblo está situado en lo más alto de una suave colina granítica y gneisica, teniendo muchos pozos y fuentes dentro y fuera del pueblo, con agua potable, siendo, sin embargo, escasos cada uno de los manantiales.

Los pozos, situados casi todos en lo interior de las casas y algunos en las calles y plazas, son abundantes y tienen el agua á 1 ó 2 metros de profundidad. Parece que en ellos se observa una zona ó capa permeable por donde mana el agua, y pasada aquélla no aumenta la afluencia del líquido con otros niveles freáticos. Hay en el

prado de los Cañales, á un kilómetro al O. del pueblo, un pozo abundante que utilizan generalmente las lavanderas, siendo la profundidad hasta el agua de unos 5 metros.

Las fuentes, siempre potables, que rodean al pueblo son las siguientes: *Romillo*, situada un kilómetro al N., abundante y excelente, siendo su caudal de un cuarto de litro por segundo. *La Zarza*, 500 metros al NE. y de diez litros por minuto. En 2 kilómetros de distancia están del lado de Levante: la fuente llamada *El Terrero* y otras siete ú ocho que brotan en la roca granítica. Al S. se halla la fuente de *Abajo*. Al O. la del *Saucejo*, á 2 kilómetros; y la de las *Praderas*, á kilómetro y medio; la del *Jabali* y la de los *Cañuelos*, á 3 kilómetros. A distancia de un kilómetro en dirección NO.; brota la fuente de la *Apretada*; á kilómetro y medio la de *Juan Domínguez*, y á 2 kilómetros la del *Lobo*. Cerca del camino de Colmenar está la fuente de la *Conejera*, y en el mismo camino la de las *Huertas*. A ambos lados del camino y más distantes se hallan: del lado O. la fuente del *Perro*, y al E. la de las *Perdices*; faltando enumerar todavía unas 20 fuentes ó más para nombrar todas las del término, que por lo regular tienen escaso caudal.

Navas del Rey.

Aunque este pueblo está señalado en el terreno primitivo en el Mapa geológico de la provincia de Madrid, creemos deben de calificarse de cuaternarios sus alrededores, por estar constituidos por arenas y arcillas que cubren el terreno granítico, siquiera sea con no gran espesor. Los lomos y crestas de la roca de la base asoman, ciertamente, en varios puntos de los alrededores; pero no en el pueblo ni en sus más próximas afueras.

Las fuentes existentes en el pueblo son: Una con caño y pilón en el interior y NO. del pueblo, dando un cuarto de litro por segundo de un agua algo ferruginosa y caliza, que corta el jabón. Es tan insuficiente esta fuente para el abasto de la población, que cuenta con 830 habitantes, que en el verano y otoño suele haber más de 30 cántaros esperando turno para llenar. Al N. del pueblo y O. de la carretera á Robledo está la fuente del *Caminero*, en forma de pocillo cubierto, con agua escasa y de mediana calidad, distando apenas medio kilómetro de las últimas casas.

Al E. del pueblo y de la carretera á Robledo están la fuente y pozo de la *Dehesa*, á distancia de un quilómetro, siendo el agua buena, aunque muy escasa y expuesta fácilmente á faltar, pues seguramente procede del mismo prado en que se encuentra el agua á un metro de profundidad en el pozo, de donde va encañada hasta la fuente. El día de mi visita estaba completamente seca la fuente desde el principio del verano, á pesar de que en Enero del corriente año, cuando aquélla se reedificó, corrían con abundancia sus dos caños.

Cien metros al O. de esta fuente hay, en la misma dehesa, otra conocida con el nombre de *El Caño*, de calidad potable, aunque de peor clase que la anterior, dando sólo diez litros por minuto, el día 14 de Octubre. En esta fuente está establecido el lavadero en una alberca de piedra; pero en tiempos de escasez de aguas tienen que ir las mujeres á lavar al río Alberche, que cruza la carretera de San Martín de Valdeiglesias, á 8 quilómetros de distancia en dirección O.

Los pozos existentes en Navas del Rey son pobres y de agua gorda. El más abundante es el que se encuentra en el corral de Juan Sánchez, que tenía el agua el día de nuestra visita á 4 metros de profundidad, pero que á veces rebosa á nivel del terreno. Otro, medianero entre el cuartel de la Guardia civil y la casa del secretario, tiene el agua á 3 metros, es salobre y se descubre la roca granítica del fondo.

Perales de Milla.

Saliendo de Chapinería por el camino que conduce á Perales de Milla, se atraviesa á los 4 quilómetros el arroyo de Colmenar, que en estos sitios sólo conserva agua durante el verano en algunos charcos aislados, y á los 8 quilómetros se encuentra el río Perales con el cauce arenoso completamente seco en estío.

El pueblo de Perales fué importante, según parece, en la antigüedad, pues el Sr. D. Luis Bahía encontró junto al río un sepulcro ó monumento funerario romano muy bien conservado, que trasladó á su finca titulada La Cepilla, muy próxima de allí, por el S., y que está actualmente en ruinas por causa del paludismo. En el pueblo hay un pozo redondo que sirve á un tejár y tiene el agua á 6 metros de profundidad. A orillas del río, que pasa inmediato, había algunas fuentecillas; pero la elevación continua del cauce por causa de los aluviones las ha dejado enterradas.

Quijorna.

En las afueras del pueblo hay, al S. y en la parte alta del mismo, una fuente con grifo de latón y pila de mampostería, que estaba seca en Septiembre, la cual toma el agua de un pozo excavado en el camino á Sevilla la Nueva, á 500 metros del pueblo. Este pozo surte de agua potable á Quijorna, que carece de otra propia para beber, dando unos 1600 litros por día para 284 habitantes. El agua de este pozo, y por tanto de la fuente, es de mediana calidad.

A la orilla del arroyo que pasa al pie del pueblo, había en tiempos no remotos una fuente llamada del *Venero*, con mina de bovedilla de ladrillo, que se ha dejado perder y hoy está atorada de lodo por haber subido el cauce del arroyo á consecuencia de los arrastres que conduce el mismo.

A la salida del pueblo, en el camino del cementerio y de Brunete, hay, á unos 80 metros de distancia, un manantial permanente, en sitio más alto que el pueblo de Quijorna, del que podría llevarse agua al lugar si la cantidad y calidad lo consienten (siendo muy probable que así sea), no habiendo podido comprobarlo por el estado de suciedad en que estaba el manadero, que se asegura es permanente.

En el pueblo existen algunos pozos con aguas salobres. En la parte alta, junto á la iglesia y en casa del Alcalde, hay uno abundante con el agua á 10 metros, y otro en casa de Prudencio Ruival, próximo al anterior, también con agua abundante y con 8 $\frac{1}{2}$ metros de profundidad.

El pozo de Quijorna, que tiene el agua más fina, está en la parte baja del pueblo, cerca del arroyo y en casa de Regino Ramos. Es abundante y tiene el agua á 4 $\frac{1}{2}$ metros de profundidad.

Alumbramiento de la Cepilla.

En esta finca del Excmo. Sr. D. Luis Bahía hizo el ingeniero señor Montenegro el alumbramiento más importante de cuantos con ocasión del presente trabajo hemos visitado, por debajo del arroyo Palomero, afluente en Perales de Milla con el río Perales, y muy cerca del cruce del mismo con la carretera á San Martín de Valdeiglesias.

Está este alumbramiento en dirección SE. de Perales y toma el agua de una mina de 800 metros de largo, dando un cuarto de metro cúbico por segundo que se emplea en regar 8 fanegas de tierra; siendo el agua potable y de muy buena calidad, por lo cual se conduce en cargas al próximo pueblo de Brunete, que la tiene escasa y mala.

En el arroyo de los *Morales*, afluente por el E. del arroyo *Palomeiro*, hay abundancia de agua potable, que se saca con una noria, cuyo nivel está á 6 $\frac{1}{2}$ metros del brocal y á la altura del cauce del arroyo.

Brunete.

Este pueblo, situado en paraje elevado y distante por todas partes de corrientes de agua, es muy escaso de ella, y aunque tiene alguna pobre fuente fuera del pueblo y muchos pozos en su interior, está necesitado de contar con una fuente pública y algunas obras de saneamiento.

Las fuentes y pozos potables de Brunete son:

En la parte alta y NO. del pueblo, en la calle de Perales, brota un escaso manantial en el corte de las arenas y arcillas hecho por la caja de la vía pública, pero está completamente perdido, aunque es de agua potable de excelente calidad.

El pozo llamado del *Caño Viejo*, revestido de sillería, está en el camino de Bobadilla, á 500 metros al E. del pueblo, en paraje situado unos 5 metros más bajo. Es muy abundante, y tiene agua potable á 2 metros de profundidad; pero en invierno sube su nivel hasta rebosar.

La fuente del *Caño Nuevo*, situada en la misma cañada que la anterior, á 800 metros al SE. del pueblo, es muy buena, aunque escasa, pues su caudal no pasa de litro y medio por minuto. Viene este agua por una conducción en mina muy superficial, con cinco pozos de registro, siguiendo una cañada que corre del NE. al SO.

El abastecimiento de agua potable de Brunete, con 1600 habitantes, casi está atendido al producto de estas dos fuentes.

Cuatro kilómetros al SO., camino á Sevilla la Nueva, se encuentra un manantial escaso, que da la mejor agua del término.

Cinco kilómetros al SE. está, cerca del Guadarrama, la fuente del *Tomillar*, con buen agua, algo cárdena, en cantidad de tres reales fontaneros (6 litros por minuto próximamente).

La fuente *Caudalosa*, que es la más abundante del término, se halla á 3 kilómetros al N. de Brunete, entre este pueblo, y los de Quijorna y Villanueva de la Cañada.

Los pozos principales de Brunete son: al NO. del pueblo, en lo más alto y á distancia de 150 metros, dos llamados de las *Heras de San Pedro*, con agua potable; uno con brocal redondo al N. del camino, y el otro con brocal cuadrado al S., distando entre sí 8 metros. Tienen el agua á 6'80 metros de hondo y dan unos 250 litros diarios cada uno en verano.

Cerca y al S. de los anteriores, hay otro pozo de brocal cuadrado situado al O. del pueblo, conocido con el nombre de pozo de los *Cañejones*, el cual está situado al borde del camino que conduce á las eras. Tiene el agua á 5 metros de profundidad, de calidad potable, y es más escaso que los anteriores, aun cuando á nivel metro y medio por bajo del de aquéllos.

Existe otro en lo interior del pueblo, en el llamado barranco de la Mina, en punto 4 metros más hundido que el anterior, y tiene poca agua potable á 4 metros de profundidad.

Se encuentra en la misma calle un pozo muy abundante en casa de José Paz, con agua gorda, cuyo nivel está á 4'50 metros del suelo, y tiene en su fondo una mina. Otro más abajo con el agua á 5 metros, y otro de agua más abundante y somera todavía á menor cota y en la calle. Otro hay, por último, en casa del albañil Angel Tárdez, con agua algo salobre y muy abundante, á 5 metros de tiro.

En la plaza del Conejo existe un pozo con agua salobre y muy abundante, á cinco metros de profundidad, en casa de Casimiro Lucero.

Situado en la plaza, el pozo de la *Villa* tiene el agua á 8 metros de profundidad, que á veces sube hasta 3 metros del suelo; siendo salobre, pero muy abundante.

El pozo de la *Laguna*, próximo á la que se forma en la parte baja del pueblo y al O. de la carretera al Escorial, tiene poca agua y de calidad mediana á la profundidad de 4'50 metros.

En el cuartel de la Guardia civil el pozo que hay tiene el agua á 7'80 metros: es abundante y algo terca, estando situado al S. del pueblo.

Frente á la laguna, al E. del pueblo, en casa de D. Antonio Colomo está abierto un pozo de agua gorda muy abundante, á 6 metros de hondura.

En casa de D. Luis Bahía, al NE. del pueblo, hay dos pozos en el jardín, unidos entre sí por lo bajo con una mina, de profundidad de 58 metros hasta el agua, que es abundante, aunque gorda. Se saca ésta por medio de un malacate de caballería y bomba sistema de Montenegro, funcionando siete horas diarias en verano; pero en invierno da más cantidad. Este agua se emplea en el riego del jardín, en los usos de la casa y bodega, por lo cual la bomba la eleva á un depósito que está en los desvanes del edificio, desde donde sale una distribución por cañería que la conduce á diversas partes.

Fuera de Brunete, á un quilómetro en dirección O., está el pozo de las *Brunetas* en un arroyo, con agua escasa y cárdena á 5 metros de profundidad. También hay indicios de agua en el Fresnedal, á un quilómetro del pueblo en dicha dirección.

En el olivar del Sr. Bahía, que se encuentra á la derecha de la carretera á Villanueva de la Cañada (ó del Escorial), á 5 quilómetros al N. de Brunete, existe un pozo en el punto más alto del terreno, con agua potable, pero escasa, y á 5 metros bajo el suelo.

Villanueva de la Cañada (Las Pernadas).

A ochenta metros del pueblo en dirección S.SO., hay un pozo de 7'50 metros de hondo hasta el agua, y otro en la misma dirección, á mitad de distancia, en un punto que está un metro más bajo, con el agua á 8'50 metros de profundidad. Ambos se encuentran á la orilla de un mismo camino al O. de la carretera, y tienen agua potable en corta cantidad.

Recorriendo después menos de 400 metros, en lugar más hondo, se ven dos pozos someros con caudal escaso, siendo el más abundante de éstos el que llaman del *Pardo*, con agua cárdena y la más potable del término.

Al N. del pueblo, entre la carretera y el camino á *El Pardillo*, hay tres pozos algo salobres con 5 metros de profundidad hasta el agua, que á veces llega á rebosar. Distan medio quilómetro del pueblo, y están en el barranco llamado de los Pocillos, siendo el situado en el paraje más bajo el que tiene agua de mejor calidad; dando entre los tres unos 500 cántaros, ó 5 metros cúbicos diarios.

En un tejár que se encuentra en el camino á El Pardillo, al atravesar el río Aulencia, existe un pozo junto á la orilla derecha de éste

y á 2 $\frac{1}{2}$ quilómetros de Villanueva, que tiene abundancia de agua á 2 metros por bajo de la vaguada del río.

Los pozos del pueblo todos tienen agua salobre, y el más abundante del término está en el camino á Quijorna, que da unos 400 cántaros, ó sea unos 4 metros cúbicos por día.

Dentro del pueblo ni cerca de él no hay ninguna fuente, y la única que existe en las cercanías, llamada del *Venero*, está en un barranco que se atraviesa en el camino á El Pardillo, á 2 quilómetros de Villanueva, y que arroja por un caño de hierro de 5 centímetros de diámetro agua excelente en cantidad de 2 litros por minuto. Esta fuente es el punto de reunión y trabajo de las lavanderas del pueblo, y procede de un alumbramiento hecho con una mina en recodo que tuerce hacia el O., y parece que ha disminuido mucho su caudal, puesto que, según dicen, hace seis años arrojaba el caño lleno.

Por último, á la salida del pueblo para Brunete, se ve á la orilla izquierda de la carretera una charca elíptica de unos 50 metros de diámetro mayor y 1'25 de profundidad, que se utiliza para abrevar el ganado, procedimiento no muy higiénico, pero sí satisfactorio á juicio de los paisanos de la localidad.

El Pardillo.

Las dos únicas fuentes que surten de agua potable al pueblo están al O.NO. y O. del mismo en el barranco de Los Palacios. El *Caño viejo*, situado á 3 quilómetros, tiene poca agua de buena calidad, y mana cerca del arroyo. El *Caño nuevo* está un quilómetro más próximo; es algo más abundante, pero de peor calidad, y brota algo más lejos del arroyo.

En el pueblo hay varios pozos con agua mala, y siempre profundos, llegando algunos á 20 metros. En casa del propietario D. Antonio Guerrero existe un pozo de 11 metros hasta el agua, que es escasa y gorda, en el corral grande, y otro también de agua escasa y gorda á la profundidad de 8 metros, junto á la casa y en otro corral.

La carretera de Las Rozas á El Pardillo atraviesa el río Guadarrama por un puente, bajo el cual el cauce arenoso está completamente seco en estío. En la orilla izquierda del río hay una fuente con su caño y pilón, á distancia de 50 metros del puente, con caudal aproximado de litro y medio por segundo.

Majadahonda.

Está este pueblo situado en un punto elevado del terreno y muy seco, de modo que los pocos pozos que en él existen tienen escasa agua y ésta á gran profundidad. El único pozo reconocido es el de Felisa Bustillo, con 11 metros de hondura y poca agua gorda. En otros sitios del pueblo se ha profundizado hasta 46 metros, sin encontrar agua.

Fuera de la villa, y en sus alrededores, hay varios pozos, de los cuales son seis los más importantes. El *Pozo nuevo*, situado á un quilómetro en dirección SO., está abierto á la orilla S. del camino que va á Romanillos, y tiene abundancia de agua potable á la profundidad de 4 metros. Un quilómetro más abajo, y en la misma dirección, está el pozo del *Prado* en el cauce de un arroyo que corre hacia el N. con agua abundante cárdena, ó mejor dicho turbia, que rebosa. Los otros pozos, llamados de *Navalengua*, el *Tejar*, *Pocito* y del *Arcipreste*, sitos en diversos parajes, son bastante pobres.

Las fuentes que existen cerca de Majadahonda son un manantial de agua potable en el arroyo de Los Majuelos, ó del Plantío, que brota 100 metros al N. del camino que conduce á El Pardillo, en la viña de Doroteo Vela: da 10 litros por segundo y está 5 $\frac{1}{2}$ quilómetros al O. del pueblo. Otra hay en el arroyo Bramudo, 5 quilómetros al SO., dando igual caudal de agua potable, aunque algo más gorda, que la del anterior.

Se proyecta en Majadahonda hacer un abastecimiento para sus 820 habitantes, á razón de siete litros diarios por cabeza, estableciendo un depósito en la parte alta del pueblo y una fuente pública en la Plaza. El proyecto, formado por el arquitecto provincial Don Luis María Argente, se basa en el aprovechamiento del agua de los pozos *Nuevo* y del *Prado*, antes descritos, y su elevación con una bomba y un motor de 12 caballos, para vencer la altura de 55 metros. La fuente pública se situará en la Plaza.

El Plantío.

En las inmediaciones del apeadero del Plantío, existen los pozos siguientes:

1.º En el quilómetro 10 y á la derecha de la vía, cerca de la casilla del paso á nivel que hay en dicho punto, se encuentra el primer pozo de la zona que he examinado, á partir de Pozuelo.

Las aguas de este pozo, aun cuando potables, son bastante gordas y cortan algo el jabón. La cantidad de agua que mana durante veinticuatro horas es de 15 metros cúbicos, desde la profundidad de 16 metros, á contar de la superficie del suelo.

La disposición del terreno en que se han alumbrado estas aguas no se conoce de modo seguro. Pero tanto el pozo de que hablamos como los demás que se enumeran á continuación, pueden considerarse excavados atravesando dos distintas zonas de terreno, la superior sabulosa y la inferior arcillosa, con espesores variables y sin que puedan fijarse éstos ni su estratigrafía, hasta después de hacer para ello trabajos especiales con sondeos.

2.º A la izquierda de la vía y en el quilómetro 12¹⁷⁸, existe otro pozo para servicio de la casilla del paso á nivel del quilómetro 12¹⁹⁰. Este pozo se encuentra junto á la arista inferior de un terraplén con altura de tres metros, y las aguas son potables, pero gordas, en menor proporción que las del pozo anterior, pues casi no cortan el jabón.

Puede considerarse que el caudal diario de este alumbramiento es de dos metros cúbicos, habiendo una profundidad desde la superficie del terraplén hasta el agua de 14 metros.

3.º Frente al quilómetro 12⁶⁰⁰, á la derecha de la vía y á una distancia de unos 200 metros, desde el eje de la línea férrea, se halla otro pozo que pertenece á una casa particular denominada *Colonia del Plantío*, y cuyas aguas potables no cortan el jabón. La cantidad de liquido que suministra al día el pozo apenas es un metro cúbico, y la diferencia de altura entre la superficie del terreno y la de las aguas, 21 metros.

4.º Para el servicio del personal que ocupa el edificio del apeadero de El Plantío (quilómetro 12⁸⁶⁹) y del que habita la casilla situada en el quilómetro 15²⁶⁷, hay un pozo junto á la arista inferior

del terraplén, á la derecha de la vía y en el kilómetro 12⁹¹⁸. La altura del terraplén en este punto es de ocho metros. El agua que puede obtenerse al día pasa poco de 1000 litros, y la diferencia de nivel entre la superficie del terreno y la del agua no llega á nueve metros.

Las aguas de este pozo son las mejores de todas las de la zona por sus buenas condiciones de potabilidad, cocer bien las legumbres y no cortar el jabón.

5.º A la izquierda de la vía y unos 900 metros al E. del kilómetro 13²⁰⁰, una antigua noria surte de agua á los edificios que posee el Sr. Giraldelli en la finca llamada *La Remisa*, en condiciones de potabilidad que se pueden considerar iguales á las del pozo que ocupa el segundo lugar de los últimamente enumerados, ó sea el del kilómetro 12¹⁷⁸.

La cantidad de agua que pueda dar esta noria es de 15 metros cúbicos al día, y la profundidad á que se encuentra el liquido á contar de la superficie del terreno, de 20 metros.

6.º Para el servicio de la casilla situada en el kilómetro 14¹⁶⁶, existe un pozo en el kilómetro 14²⁴⁵ á la izquierda de la vía, y en la parte interior de un terraplén, con cota de tres metros.

Las aguas del pozo son de las llamadas cárdenas, muy finas; y en cuanto á su potabilidad están muy encontradas las referencias que hemos obtenido, pues mientras los que habitualmente las usan las encuentran inmejorables, otros sujetos que se han servido de ellas alguna vez, las tienen como de malos resultados. La cantidad de agua que da este pozo excede de 2000 litros diarios, y la profundidad desde la superficie del terreno á la del agua apenas es de dos metros.

7.º Frente al kilómetro 14⁴⁸⁸, á la derecha de la línea férrea y á unos 140 metros normalmente tomados desde la vía, se encuentra una noria de aguas gordas y potables, pero que cortan el jabón.

El caudal durante veinticuatro horas es de 50 metros cúbicos, y la profundidad á que se encuentra el agua, medida desde la superficie del terreno, no llega á seis metros.

8.º A los 85 metros de distancia de la vía, al lado izquierdo de la misma y frente al kilómetro 14⁵⁷⁵, hay otra noria cuyas aguas son de igual calidad á las de la anterior. La cantidad de agua que pueda dar ésta es de 22 metros cúbicos diarios, con desnivel entre el terraplén y el agua de 3'60 metros.

Villafranca del Castillo. X

Es una cortijada que tiene en el patio un pozo abundante de 20'50 metros de hondo hasta el agua, que es algo gorda y se saca con una bomba de mano. El nivel freático debe ser poco más ó menos el de la vaguada del Guadarrama. Hay otro pozo pequeño al O. del primero y en paraje más bajo, que tiene 11 metros de hondura, y es de caudal más abundante y más fino.

Entre el cortijo y el río Guadarrama, á 50 metros de éste, hay una noria mecánica moderna, con agua á seis metros de profundidad, abundante en invierno; pero en verano una caballería la agota con tres horas de trabajo, tardando tres días en volver á adquirir su nivel anterior.

En el arroyo de los *Palacios*, cerca de su confluencia con el Guadarrama, en la orilla izquierda, existe una fuente con caño y abrevadero, dando un litro de agua potable por segundo. Esta fuente dista 25 metros del río y 50 de la confluencia dicha.

Aunque la madre del Guadarrama está seca ordinariamente, haciendo hoyos someros en el cauce arenoso, se saca agua suficiente para regar algunas huertas.

En la orilla izquierda del Guadarrama hay una galería que vierte agua procedente de una noria, y más abajo se encuentra un buen venero de agua potable en cantidad de 1 $\frac{1}{2}$ litros por segundo, que se pierde en la arena del río cerca de la confluencia del arroyo *Bramudo*.

Romanillos. *Boadilla del Monte*

Es un cortijo y posesión del Duque de Alba, que tiene en el patio del Palacio un pozo de 37'50 metros de profundidad hasta el agua, que es escasa y medianamente potable; fuera, y bajo un cobertizo, hay otro pozo, situado 50 metros al S.SO. del Palacio, que tiene menos agua de la misma calidad que el primero, á la profundidad de 22'50 metros.

En el barranco del *Huerto* hay un estanque y lavadero que reciben el agua por una galería que parte de un pozo de noria situado en el mismo barranco, dando tres litros de agua por segundo, de mejor calidad que la de los pozos anteriores. Este estanque está á

500 metros de distancia del último pozo y á 80 de la noria en dirección al O.

Los arroyos de *Romanillos* y del *Calabozo* y otros cercanos por el SE. del cortijo citado, tienen alguna agua estancada, aunque poca; pero seguramente allí podrían hacerse alumbramientos eficaces.

Boadilla del Monte.

La única fuente del pueblo, llamada el *Caño*, que surte á los 520 habitantes del pueblo, sale de una mina horizontal de 40 metros de longitud, excavada en el cuaternario de la orilla izquierda del arroyo, á poquísima altura sobre el cauce del mismo, en un punto sito 120 metros al SO. del pueblo y á unos 60 al S. del puente que hay en la carretera que conduce á Madrid.

El terreno en esta parte está formado por capas casi horizontales de arena fina de 15 centímetros de espesor, apoyadas en otra de arcilla amarillenta de 25, con la superficie de contacto gradualmente inclinada hasta la fuente, que da cuatro litros por segundo de excelente agua potable.

En el mismo arroyo, y á 200 metros al N. del puente, hay un manantial, que brota junto al cauce, y no es el único, pues en toda la orilla hay rezumaderos de agua cada vez más abundantes y frecuentes á medida que se desciende, hasta llegar á Villaviciosa, por donde pasa bien crecido el arroyo; por lo cual éste se utiliza en regar dos series de huertas formadas á lo largo de sus márgenes.

También tienen aguas manantiales los arroyos del *Calabozo*, *Valenoso*, *Pastores* y de los *Majuelos*, que corren de N. á S., al oeste de Boadilla, siendo este último el más abundante de todos ellos.

En las diversas casas del pueblo y de los alrededores hay pozos con buena agua potable á profundidades de 6 á 24 metros, siempre abundantes. Entre éstos deben citarse dos norias en el jardín del Palacio del Infante D. Luis, que está al O. del arroyo y al N. del puente, y otro en una huerta sita al S. del mismo y á 70 metros de los edificios del pueblo.

El palacio y jardín del Infante, así como la huerta del convento de Monjas carmelitas, que está frontero, se abastecen con el agua de una larga mina que empieza en un depósito de sillería monumental, situado frente á la fachada principal del palacio, al otro lado del

camino de carros que conduce á Pozuelo de Alarcón. Esta mina tiene poca profundidad y se extiende unos dos kilómetros en dirección á Majadahonda, ó sea hacia el N.; mas por el abandono de tan interesante viaje de agua, ha disminuido considerablemente el caudal.

Otros dos viajes ó minas subterráneas, que surtían en otro tiempo al estanque del palacio del Infante, se han perdido completamente. Una de ellas sigue paralelamente el camino de Pozuelo, al O. del mismo, y la otra, de un kilómetro de largo, viene del E. y procede de un arroyo.

En el camino de Pozuelo hay un puente de sillería que sirve para salvar el arroyo que pasa por Boadilla, al O. del cual y á unos 15 metros del mismo, existe una galería en rampa descendente, abovedada con ladrillo, cerrada por puerta de madera y cerrojo, que por medio de una escalera de 19 peldaños conduce á un manadero de buen agua, recogida en el fondo de un pocillo vertical de registro. El agua en este pocillo está á 5'85 metros por bajo de la superficie; pero no pude comprobar si la obra es independiente ó forma parte de alguna de las conducciones de agua que terminan en Boadilla.

Pozuelo de Alarcón.

De este pueblo, abundante en aguas, consignamos en otra parte algunos datos que completan los que aquí damos como recogidos por el Sr. Adán de Yarza.

En el lugar existen diferentes niveles freáticos, á juzgar por la variable profundidad del agua en pozos próximos entre sí. Cuenta con dos fuentes públicas, siendo notable por su abundancia la instalada hace poco años, mediante un minado que comienza al SO. del pueblo, por donde el terreno se alza á bastante elevación ⁽¹⁾.

Muchas de las casas tienen pozos de profundidades diversas, mereciendo citarse el de la quinta de las Mercedes, que está en lo más alto del pueblo y es el más profundo, pues mide 36 metros, y si en el estiaje apenas tiene un metro de agua, ésta sube hasta cuatro me-

(1) En esta fuente hay una lápida que macarrónicamente dice:

Tengo mi sér en Dios. Con mi elemento
Al afán de Pozuelo satisfice.
Néctar divino soy. Llega, sediento;
Apaga en mí tu sed y á Dios bendice.

tros en el invierno, y se eleva en todo tiempo con un motor de viento.

En la quinta del Rosario, cerca de la Estación, hay un pozo de 15'50 metros de profundidad, desde donde una máquina de vapor sube el agua á un depósito, y de allí se distribuye á varias fincas, que la compran á buen precio.

En la quinta San José, también próxima á la estación, un pozo con noria encontró el agua á cuatro metros de profundidad, mientras que á poca distancia, en la fonda de la Zarza, ha habido que llegar á 21 metros para hallar un nivel acuífero, que es el dominante en toda aquella zona.

El arroyo que atraviesa el pueblo se utiliza hacia Aravaca para regar una estrecha zona de huertas, quedando casi seco durante el estiaje; pero en las cercanías de este arroyo el agua se suele encontrar á poca profundidad, por lo que existen varios pozos con norias.

Húmera. Pozos

Está situado en los altos próximos por el NO. á la Real Casa de Campo, y á pesar de su elevada posición, son los alrededores de este pueblecito muy abundantes en agua de buena calidad, por más que hay que buscarla por medio de pozos, excepto en la única fuente que tiene la villa, que se encuentra en el barranco de Antequina, al O. del poblado y á nivel más bajo. Esta fuente da unos dos litros por segundo de agua muy fina, que brota bajo una pequeña arqueta cubierta, construída allí. El agua sale por un caño de hierro y se recoge en un pilón de mampostería hecho al borde izquierdo del arroyo.

Las fincas que tienen agua abundante en Húmera son las siguientes, pertenecientes á los señores que se indican:

D. Julián Muñoz.—En el mismo pueblo, junto á la carretera, tiene una noria ordinaria en el rincón SO. de la propiedad, con 18 metros de profundidad hasta el agua, que es potable, muy fina y en cantidad de 52 metros cúbicos diarios en verano.

D. L. Talavera.—Dispone de una noria ordinaria á la derecha de la puerta de entrada, muy cerca de la carretera, con agua potable, aunque algo gorda, á 25'75 metros de hondura, dando ocho metros cúbicos diarios. Otra noria llamada de la *Alameda*, que está en el

rincón SE. de la finca, proporciona doble caudal de agua, más fría que la anterior, y de la profundidad de 21'50 metros. Hay también en esta posesión una fuente cuya agua procede de una larga mina que se dirige al S., hacia la Casa de Campo, dando $\frac{3}{4}$ de litro por segundo de agua potable, muy fina.

D. Luis Bacque, tiene una finca, llamada *Quinta del Cerro*, al S. de la anterior y algo apartada hacia el E. de la carretera. En el rincón SE. de ella y en el punto más alto de la misma y de los alrededores del terreno, hay una noria ordinaria, pequeña, situada en dirección N. 15° O. del cuartel de la Guardia civil llamado de Rodajos, en la Casa de Campo. Tiene 25 ó 30 metros de hondo hasta el agua, que es potable y de excelente calidad. A pocos metros de ésta, y al SE., hay un pozo de registro en comunicación interior con la noria y con una galería ó mina de 40 metros que se dirige al S. Trabajando ocho horas diarias, no agota una caballería este manantial. En el centro de la posesión y á nivel más bajo, hay otra noria con agua de igual calidad y abundancia que en la primera y á la profundidad de 23'50 metros. La excavación para el manadero se ha completado con dos minas de longitud total de 20 metros.

La propiedad de D. Santos Roca, se halla al S. de la anterior, á la mitad de la distancia que media hasta la Casa de Campo, cerca de la bifurcación de las carreteras á Pozuelo y á Húmera, y tiene una noria ordinaria con agua fina, potable y abundante á la profundidad de 13 metros.

Finca de Larios: *El Molino*.—Está á la izquierda de la carretera á Pozuelo, y cuenta con un pozo de noria con malacate de caballería y bomba, con profundidad de 16'50 metros. Da agua potable, algo gorda, que alguna vez huele mal, cuando se deja de sacar varios días ó está cerrado el pozo; por lo cual parece que debe ser algo sulfurosa ó cargada de materia orgánica. Su caudal puede calcularse en $\frac{3}{4}$ de metro cúbico por día, y es la única de que se dispone en la finca para todos los usos.

Somosaguas.—Es otra propiedad de Larios, situada al lado opuesto, ó N., de la carretera de Pozuelo. A la izquierda de un paseo que desde la misma conduce á la entrada de la finca, hay cinco pozos en línea recta dirigida de N. á S., redondos y de escasa profundidad, de los cuales, por tuberías de hierro con llaves, extrae el agua una bomba, movida por un motor de gas pobre de cuatro caballos, instalado, con un molino y un generador de luz eléctrica, en una

casilla inmediata. Entre los cinco pozos, que tienen el agua á cinco ó seis metros de profundidad, dan 16 metros cúbicos por día, caudal que se eleva á un estanque situado cerca de la carretera, á la cabeza del arroyo llamado de *El Mineral*, que pasa pocos metros al N. de estos pozos y se dirige hacia Húmera, reuniéndose antes con el arroyo de *Antequina*. Al N. de estos pozos, y á distancia de 160 metros, hay una noria de 19 metros de profundidad, con agua potable en corta cantidad.

D. Juan Navarro Reverter es dueño de la *Finca del Carmen*, sita al N. de la carretera y del Camino Viejo. Hacia la parte alta de esta posesión hay un pozo redondo, rodeado de otros varios que comunican con él, en el cual funcionó un molino de viento de eje vertical, que ha sido reemplazado por una bomba de vapor en el pozo contiguo, que ha quedado cubierto por una casa. Todos estos pozos, como se ha dicho, comunican interiormente entre sí, y tienen el agua á la profundidad de 20 metros. La bomba de vapor de seis caballos agota estos pozos en tres horas de trabajo, tardándose tres días en que el agua vuelva á su nivel. El agua elevada se recoge en un estanque ovalado. Más abajo hay otro pozo de noria con malacate de caballería y bomba de 16 metros hasta el agua, dando 10 metros cúbicos diarios.

Hacia el centro de la finca hay un manantial en el estanque llamado de *Los Monos*, que tiene 4'5 metros en cuadro con 3'5 metros de profundidad. El caudal es de tres metros cúbicos por día; pero aumenta considerablemente en tiempos lluviosos.

En la parte baja de la propiedad hay otra noria llamada de *La Huerta*, cerca del arroyo de *Antequina*, que da seis metros cúbicos de agua potable, siendo su profundidad de 25 metros hasta el agua.

Aguas entre Húmera y los Carabancheles.

Casablanca.—Esta finca tiene cuatro pozos, que son: una noria con pozo redondo, en el centro del patio, con agua potable á 26 metros, en corta cantidad. Una noria de huerta al S. de la casa, con 11'40 metros de hondo. Otra al O., la más abundante de estas tres, con el agua á 12 metros, y otra al SE. con profundidad de 20 metros.

Casilla de peones camineros.—En el quilómetro 4 de la carretera

á Boadilla hay un pozo con buena agua potable á 20 metros, tan escasa que se agota fácilmente á brazo en hora y media; pero vuelve á llenarse en quince minutos, según los informes del peón caminero. Esto demostraría, más que escasez, lo reducido de la caldera del pozo.

Los Retamares.—En el Polígono, Escuela práctica de Ingenieros militares, está excavado otro pozo, con agua inagotable con cubos, garrucha y tiro, de 11'50 metros hasta el agua. Otro hay con malacate para dos caballos y tres bombas, de agua muy fina, inagotable, con profundidad de 14'75 metros. Y por último existe otro pequeño, que estaba seco el día de nuestra visita.

Campamento.—En el ángulo NE. del mismo, y cerca del arroyo de *Meaques*, hay una casa con una noria y malacate para dos caballerías, y una bomba de vapor, que desde el lugar de la noria á los depósitos de los cuarteles y baterías eleva el agua, tan abundante, que ha bastado por sí sola para el consumo de las mayores acumulaciones de tropas de las tres armas que se han reunido en el campamento. No hemos podido medir la profundidad de la noria, que seguramente es de pocos metros.

Casa de Meaques ó del Hospital.—Tiene próximo y delante de la casa un pozo con agua potable algo gorda, á la profundidad de 10 metros, en cantidad desconocida. Por bajo, y cerca del arroyo, está la *Fuente de los Artilleros*, con una alberca-lavadero delante, que tiene un caño de hierro por donde surge agua de muy buena calidad, en cantidad de dos litros por segundo, aumentando algo en verano.

Nacedero del Meaques.—A pocos metros de éste nace, en una gran extensión del cauce, el caudal del arroyo que penetra en la Casa de Campo por un portillo enrejado de su tapia. Además, hay en este sitio una mina subterránea que conduce á la misma Real posesión agua potable y constante todo el año.

Otro manantial pequeño existe en la cuneta N. de la carretera á Boadilla, á unos 12 metros de su separación de la de Pozuelo.

Real Casa de Campo.

El mayor manantial para ésta es el alumbramiento hecho bajo la madre del arroyo de los Meaques con la mina de que hace poco hemos hablado. La galería, con longitud de más de 100 metros, pasa por bajo de la tapia de la finca, y después de atravesar por medio de un



tubo un estanque pequeño seco y lleno de maleza, continúa al descubierta por un canalillo rectangular de ladrillo que tiene varios kilómetros de longitud, distribuyéndose en diversos cultivos y empleos, entre ellos el de llenar el gran estanque ó lago artificial que hay en la posesión. Este alumbramiento daba en Octubre de 1905 unos 18 litros por segundo.

Además de esta conducción, procedente del Meaques, la corriente superficial de este arroyo, que, como se dijo, nace fuera de la tapia, á poca distancia, lleva ordinariamente unos ocho litros por segundo bajo el puente del Batán, siendo absorbido el líquido por el cauce arenoso, hasta desaparecer completamente 300 metros más abajo.

Fuente del Zarzón.—Está al N. del arroyo de los Meaques y cerca de la tapia, dando medio litro por segundo. Nace en una pocilla cubierta tras la misma fuente.

Fuente de Húmera.—Procede de una mina de longitud de 200 metros y estaba seca el día de nuestra visita. Tiene caño y pila de piedra.

Fuente del Príncipe.—Da, por lo general, un litro por segundo, con aumento en invierno, y viene encañada desde un nacedero superficial á la orilla N. del Paseo de María Cristina.

Fuente de Hierro.—Por bajo del estanque grande hay tres manantiales ferruginosos, escasos, de los cuales el del centro, que es el más abundante, está encañado y sale fuera de la tapia para alimentar la fuente bien conocida, y sita á la izquierda de la puerta principal de entrada. El caudal es de medio litro próximamente por segundo, y su calidad potable, ferruginosa.

Fuente de Rodajos.—Es el caño más abundante de la Casa de Campo, y recoge el agua por medio de una mina hecha bajo el prado que queda fuera de la tapia. Dista unos 50 metros de la misma, y 100 al S. de la Puerta de Rodajos, dando cinco litros por segundo de excelente agua potable, que se recibe en un pilón, y de éste, por una larga atarjea, va á un lavadero.

Pozo de Rodajos.—Está dentro de una casilla, cerrada con puerta de hierro y llave, cerca del camino y de la puerta, frente al cuartel de la Guardia civil, y tiene 12 metros hasta el agua, que es abundante, potable y algo ferruginosa.

Pozo de los Pinos.—Situado 80 metros al SO. de la casa del mismo nombre y 50 de la tapia. Está cubierto y tiene 18'50 metros de hondo, siendo el agua potable y abundante.

Fuente de Cobatillas.—Situada unos 15 metros al S. del camino de las Garabitas y al SO. del Depósito del agua del Lozoya. Nace en un pocillo situado 40 metros al O., y es potable, dando un litro por segundo.

Fuente de la Teja.—Brotó en el barranco Antequina, tres metros al N. del Arroyo. Tiene buena agua potable en escaso caudal, de doce litros por minuto.

Fuente de la Casa de Vacas.—Situada 20 metros al SO. de la Casa de Vacas, procede su agua de dos minas que, bifurcadas y de 50 metros de longitud cada una, pasan debajo del corral y salen de él. Su calidad es potable y la cantidad de medio litro por segundo. Tiene un abrevadero para las vacas.

Pozo de la Puerta de Castilla.—112 metros al O. de la tapia y unos 75 al N. del ferrocarril, tiene agua potable, algo gorda, muy abundante, á la profundidad de 3'60 metros, ó sea próximamente al nivel del Manzanares.

Fuentes del Reservado.—Son dos: la de la Gruta, situada 40 metros al NO. de la Casa del Administrador, potable, buena, dando un medio litro por segundo; y la de la puerta del Hondo, á 12 metros de la tapia, bajo la cual brota, manando apenas 20 litros por minuto.

Depósito de agua del Lozoya.—Es un estanque situado en punto elevado al S. del ferrocarril del Norte, que recibe el agua del canal del Lozoya, llevada con una cañería de 20 centímetros de diámetro á través del cauce del río Manzanares.

RESUMEN Y CONSECUENCIAS

DE LOS DATOS DE OBSERVACIÓN

El terreno cuaternario de la provincia de Madrid tiene un relieve que se aparta poco de un plano casi horizontal, cuando se considera en conjunto y prescindiendo de los muchos barrancos que lo surcan profundamente por todas partes; pues siendo las cotas de sus mayores alturas en la línea de separación con el granito de 760 metros en el apeadero de Las Matas (sobre la divisoria entre el Guadarrama y el Manzanares), y de 720 tanto en Navas del Rey como en un punto intermedio, al E. del Cerro del Madroñal, alcanza en una

paralela á dicha línea, distante de ella unos 20 kilómetros, 660 metros en Húmera, 670 en Carabanchel Alto y 605 en Leganés, llegando en Majadahonda á 740 metros, cerca de Madrid, pero en paraje más próximo que los anteriores al borde superior de la formación. Siendo circunstancia notable que tanto en Húmera como en Carabanchel Alto (puntos de los más elevados y distantes de la Sierra) hay abundancia de aguas subterráneas á mucho más alto nivel que el cauce del próximo río Manzanares, escaseando, en cambio, en puntos más bajos y próximos á la Sierra, como ocurre en Villanueva de la Cañada y en Quijorna, cuyas cotas son de 650 y 560 metros respectivamente.

De todos modos, la gran masa cuaternaria está cortada por los barrancos donde corren los ríos Manzanares, Guadarrama, Aulencia y Alberche, con las cotas y distancias que se consigan en los cortes adjuntos.

Los materiales que forman el terreno cuaternario en la provincia de Madrid son arenas y arcillas, extendidas en capas poco inclinadas, casi sin discontinuidad, ya puras, ya mezcladas en diversas proporciones, alternando con delgados lechos blanquecinos, formados por sales más ó menos solubles de cal, potasa ó sosa, y todo procedente de la descomposición del terreno hipogénico de la próxima Sierra. A veces las sales solubles están diseminadas y como en mezcla con los materiales insolubles, y siendo irregular en extensión y profundidad su distribución, se produce con frecuencia el fenómeno de que fuentes y pozos poco distantes entre sí, que toman el agua á profundidades casi iguales, son unos dulces y otros salobres, según las circunstancias particulares de cada alumbramiento.

Debe notarse que las abundantes capas acuíferas de Húmera, Pozuelo y los Carabancheles, á pesar de encontrarse en las más profundas norias á 20 metros, se hallan á unos 50 metros sobre el nivel del Manzanares; circunstancia que no tendría explicación si no se admitiese que los afloramientos de aquellas capas en los valles y barrancos próximos, están cubiertos por materiales plásticos, impermeables, con suficiente espesor para impedir el desagüe inmediato.

Observando también que las anteriores localidades, que son las más abundantes en aguas subterráneas, y éstas de mejor calidad, están situadas en la prolongada loma que forma la divisoria entre los ríos Guadarrama y Manzanares, y que los demás puntos visitados, fuera de esta divisoria, corresponden á una región topográfica más

recortada é interrumpida por barrancos en distintas direcciones, donde los pozos son poco profundos, no creo aventurado admitir que la mayor parte del agua potable procede en la primera zona de la introducida subterráneamente en el borde inferior de las vertientes de la Sierra por la línea del contacto con el cuaternario, siendo procedentes en la segunda de las lluvias locales.

En esta segunda zona los pozos son, excepto en un solo caso, poco profundos; pero es probable que si se pasase de los 15 ó 20 metros por bajo del nivel de los barrancos más próximos, se encontrarían aguas potables en abundancia, también procedentes de las vertientes de la Sierra. Así lo demuestra el hecho antes consignado de que el pozo más profundo de Brunete (donde las aguas someras son escasas), abierto en el jardín del Sr. Bahía, tiene al nivel hidrostático de 38 metros, mucho mayor caudal que ningún otro de los diversos pozos menos hondos de la localidad.

Que los alumbramientos de aguas pueden ser de gran importancia en el terreno cuaternario de la provincia de Madrid, lo demuestra el hecho de que las pocas veces que se han ejecutado con inteligencia y recursos suficientes, han dado excelentes y magníficos resultados. Tal es el caso de los alumbramientos de *La Cepilla*, hecho por cuenta del Senador D. Luis Bahía; *El Caño Gordo*, en Pozuelo, alumbrado por una Compañía industrial, y los de Meaques y Rodajos, por el Real Patrimonio, en la Casa de Campo.

En el resto de las localidades recorridas, no sólo no se han intentado alumbramientos importantes, sino que se han dejado perder con frecuencia los conocidos, y no hay esperanzas de que por ahora, ni los particulares ni los Ayuntamientos emprendan trabajos de consideración para iluminar aguas ni para aumentar las alumbradas, que consideran *abundantes* en cuanto apagan la sed de los hidrófobos vecinos.

Otra dificultad para que puedan emprenderse alumbramientos de aguas, es la creencia de que aquéllas que no son de pie ó no proceden de escasa profundidad, resultan económicamente inaprovechables; creencia que tiene su origen en la falta de instrucción, de espíritu de empresa y de recursos pecuniarios de la mayor parte de los habitantes del país, que no conciben más motores elevadores posibles para el agua que las norias movidas con caballerías.

Sólo en Pozuelo he visto algunos molinos de viento aplicados á la elevación de agua, y entre este pueblo y Aravaca, una bomba de va-

por aplicada al riego de la finca del Sr. Sellán, quien se quejaba de la disminución progresiva del caudal de agua que utiliza; pero sin decir que no tuviese cuenta la elevación del agua por vapor, á pesar de que él trabaja en condiciones muy poco económicas.

En Somosaguas hay el motor de gas pobre, ya citado, aplicado á la elevación de agua, y en la *Quinta del Carmen*, de Húmera, propiedad del Sr. Navarro Reverter, la bomba de vapor también mencionada; siendo ésta, la del Sr. Sellán y la de la estación del ferrocarril, en Las Rozas, las únicas máquinas de vapor existentes en la extensa comarca recorrida por mí.

Creo, por todo lo expuesto, que podrían hacerse en el terreno cuaternario de la provincia de Madrid muchos alumbramientos de aguas con excelentes resultados, tanto por medio de galerías que desembocasen en los diversos barrancos, como por medio de pozos ordinarios, aunque hubiesen de llegar con frecuencia á profundidades de 30 ó 40 metros, y también por medio de pozos estrechos, perforados con aparatos de sondeo y provistos de bombas colgantes desde la superficie, empleando en estos últimos casos molinos de viento ó máquinas de vapor de gas pobre ó de aire caliente para la elevación del agua.

Pero la mayor, ó casi debiera decir la única, dificultad para todo esto, es el atraso y la pobreza metálica y volitiva de los habitantes (dígase falta de instrucción y discernimiento), que no solamente no se ponen de acuerdo para cosas de utilidad común, sino que con frecuencia deja perder alumbramientos ya hechos, por no vencer pequeñas dificultades ó por causa de rencillas y menudencias insignificantes, como ha sucedido con el abastecimiento de aguas que un particular hizo en Navalcarnero, que para que no enriqueciera á éste dejó de aprovechar el pueblo, hasta que el propietario hubo de deshacerse del negocio después de grandes pérdidas.

Por esta razón, aunque en buenos principios no considero admisible lo que voy á proponer, si se tratase de pueblos ilustrados y emprendedores, tal vez convenga, sin embargo, intentarlo en el territorio en cuestión. Que el Estado haga por su cuenta alumbramientos en diversos puntos, en las condiciones que parezcan más favorables, y una vez alumbradas las aguas, se obligue á los terratenientes á optar entre adquirir y aprovechar el alumbramiento por un precio razonable, suficiente á cubrir gastos con alguna utilidad, ó á ser expropiados, en favor del mejor postor, en toda la extensión que pudiera ser regada por cada alumbramiento.

Pero hay obras que debe indudablemente hacer el Estado en la parte recorrida por mí, y que no pueden ser ejecutadas por los particulares, porque se trata de trabajos generales que no aprovecharían á los propietarios, en cuyas fincas se han de ejecutar, sino á otros muchos cuyas propiedades están á grandes distancias de los puntos donde habrían de ejecutarse las obras. Estas son las necesarias para que las aguas procedentes de las vertientes de la Sierra no se pierdan en su mayor parte por curso torrencial, como hoy sucede.

En Madrid llueve, término medio, unos 490 milímetros anuales, y en el Escorial 820; pero estas abundantes lluvias caídas en las vertientes de la Sierra que envían sus aguas á la provincia de Madrid, ni pueden apenas ser absorbidas por el terreno granítico, á causa de su gran pendiente é impermeabilidad, ni por el cuaternario, porque rápidamente desaguan en los cauces de los ríos Alberche, Aulencia, Guadarrama y Manzanares, sin tener tiempo ni ocasión para penetrar sinó muy escasamente en la tierra.

Si el agua entrase en el terreno cuaternario por su borde superior que descansa sobre el granítico, podría aumentarse considerablemente el caudal de las aguas profundas subterráneas, como demuestran las observaciones relativas á Pozuelo, Húmera y los Carabanchales, según antes se hizo notar. De modo que parece muy conveniente todo cuanto conduzca á facilitar la penetración en la formación diluvial de las aguas procedentes de la Sierra.

Por esto, he de proponer que en los cauces de los ríos nombrados, en la mayor parte de los barrancos pequeños descendentes de la Sierra y en la línea de contacto del granito con el cuaternario, se establezcan presas en seco, construidas con los cantos sueltos que en gran abundancia cubren la formación hipogénica, medio recomendado en mi estudio sobre *Las aguas en España y Portugal*, publicado en el tomo V de la segunda serie del Boletín que publica la Comisión del Mapa geológico de España.

Complemento de estas presas serían, en el caso presente, la excavación de *canales muertos laterales* de poca profundidad y mucha anchura (1 metro por 10), que, partiendo de las presas por cada lado, corriesen á lo largo de la línea de unión del terreno granítico y el cuaternario, de modo que sirvieran de malecón para los mismos canales las tierras sacadas en su excavación.

Estos canales deben trazarse siguiendo las curvas de nivel del terreno, teniendo cuidado de que las crestas de cada malecón estén

bastante más altas que las coronaciones de las presas en seco, para que nunca salte el agua por encima de ellos y los desbarate.

La disposición en *planta* y *perfil* de estos canales muertos se representa fácilmente en las figuras adjuntas.

El objeto y funcionamiento de los dichos canales será el siguiente:

Durante la crecida de los ríos y arroyos, el agua embalsada y detenida por las presas en seco, construídas en los cauces, se extendería por ambos lados del barranco á distancias tan largas como fuese la longitud de los canales muertos, sobre la unión del terreno granítico y el cuaternario; de este modo, detenida en estos parajes largo tiempo, podrá fácilmente infiltrarse y penetrar en los materiales sueltos de la formación diluvial, especialmente si se procura trazar los canales de modo que afloren en ellos algunas de las capas arenosas de dicha formación.

Además, servirán estos canales para detener el agua que baje de las faldas de las montañas, por las laderas mismas y por los más menudos arroyos y barrancos, en los cuales se construirán también presas pequeñas en seco capaces de resistir, sin deteriorarse, el paso torrencial de las aguas que salten por encima de ellas durante las crecidas.

Con objeto de que el Estado no comprometa fuertes sumas en obras de esta índole, creo que podrían hacerse algunas presas en seco y canales muertos derivados de ellas, con el carácter de ensayo, en alguno de los puntos que pareciera más á propósito para el caso.

Aprovechados de este modo los 820 milímetros de lluvia caídos en la vertiente SE. del Guadarrama, lo que arroja un volumen de 1963 millones de metros cúbicos, puesto que la superficie conveniente, dentro de la provincia de Madrid, es de unos 2394 kilómetros cuadrados, vendrían más que á duplicarse los 782 millones de metros cúbicos de agua caída en la porción del terreno cuaternario que consideramos y cuya extensión superficial pasa algo de 1500 kilómetros cuadrados.

Algunas observaciones más pudiera hacer el que suscribe con referencia al encargo recibido; pero no siendo definitivas las reserva para el caso de un nuevo informe.

ESTUDIOS HIDRO-GEOLÓGICOS

PROVINCIA DE MADRID

ZONA ENTRE EL FERROCARRIL DEL NORTE Y EL DE MADRID A ZARAGOZA

TRABAJO DE LOS INGENIEROS

SRES. D. JUAN GARCÍA DEL CASTILLO

Y D. CÉSAR RUBIO

EXCMO. SR. DIRECTOR DEL MAPA GEOLÓGICO:

La porción de terreno que hemos recorrido para el estudio de las aguas subterráneas de la provincia de Madrid, es la parte septentrional comprendida entre los ferrocarriles del Norte y de Zaragoza, pudiéndose calcular la superficie en unas 27000 hectáreas.

Los datos recogidos en nuestro trabajo acusan ciertamente la existencia de niveles acuíferos de importancia, con cuyo caudal, aprovechado convenientemente en puntos adecuados, pudiera aumentarse en muchas hectáreas el terreno de regadío fertilizado hoy con las aguas extraídas de los pozos y norias existentes en la comarca.

La constitución geológica de dicha parte de la provincia corresponde en buena parte á las rocas hipogénicas, graníticas y neísicas, limitadas en dirección NE. á SO. por la gran masa cuaternaria, bordeada hacia el N. y E., por manchones del cretáceo, intercalados con islotes terciarios, que adquieren importancia hacia Torrelaguna; de suerte que la zona cuaternaria cubre menos de la mitad de la superficie de la parte de la provincia que describimos.

Entre esta formación cuaternaria ó diluvial existen algunos asomos del mioceno, de los cuales son los más importantes los de Coslada, Daganzo de Abajo, Barajas de Madrid y algún otro de menor extensión.

También en la parte S., y sirviendo como de límite al cuaternario de la provincia por su parte SE., se encuentra el mismo mioceno en Vicálvaro, Vallecas, Almodóvar y San Fernando.

La región más septentrional donde hemos hecho observaciones corresponde ya á la sierra del Guadarrama, en que los terrenos predominantes son el granito y las rocas estratificadas de las formaciones primitivas.

Desde el punto de vista de la geología subterránea y para el objeto de nuestro estudio, carecen de interés directo estos terrenos, como tampoco la tiene, á primera vista, el cretáceo, que en estrecha, y á veces en la superficie, interrumpida faja, limita las formaciones antiguas y las separa del terciario y del cuaternario.

La formación terciaria, correspondiente al período mioceno lacustre, sirve de base al terreno cuaternario, y, según el gran geólogo Don Casiano de Prado, ha perdido, por la mayor parte, las calizas de su tramo superior, por lo que presenta ahora, generalmente, en la zona alta las arcillas y yesos, sobre cuyo tramo se asientan inmediatamente los estratos inferiores del diluvio.

En este contacto se ofrecen circunstancias para poder constituirse una capa acuifera de más ó menos importancia, una vez que la base arcillosa es impermeable y el techo constituido por los terrenos sueltos inferiores del diluvio, reúne las condiciones precisas para dar libre paso á las aguas. Y en efecto, así se originan buenos manantiales, siempre que las aguas no han entrado antes dentro de la masa diluvial en la circulación de otros dos niveles acuiferos más altos, los que también hemos de describir como de capital interés para el estudio principal de nuestras investigaciones.

Constituyen en ésta comarca la formación cuaternaria tres tramos principales: las arenas en lo alto; las arcillas más ó menos sabulosas llamadas *gredones* en medio; y los cantos sueltos ó guijo en la base; en algunas extensiones queda además subdividida la formación, ya en el primero, ya en el segundo tramo, por lechos de arcilla completamente impermeable y otros muy porosos de arenas, lo que tiene no poco valor para nuestro objeto, pues da lugar á niveles de agua de cierta importancia.

En la parte central de la región cuaternaria de que hablamos, existe, sin duda, uno de estos niveles acuiferos muy importante, á una profundidad que varía, según la topografía local, entre 12 y 40 metros, con cierta tendencia á buzar hacia la cuenca del Jarama, si-

guiendo en sus ondulaciones la forma general de la superficie del terreno, cuando los derrumbios de éste no han sido muy considerables. Cuantos datos hemos podido recoger, todas las medidas de pozos que hemos efectuado, vienen á corroborar este aserto con ligeras excepciones, que no alteran su esencia. En casi todos estos pozos, el agua es de buena calidad, fresca, poco cargada de sales, poco menos que exenta de sulfato de cal, y los sendos caudales, en los meses en que hemos podido hacer las comprobaciones, varían de 20 á 80 metros cúbicos por día, si bien es preciso no perder de vista que, habiendo sido excepcionalmente seco el año 1905, los aforos hechos por nosotros deben acusar un mínimo de caudal probable, una vez que éste proviene directamente de las lluvias en la misma región en que se alumbra, y no de afluencias más lejanas. No debe tampoco olvidarse que en general (pues son raros los casos en contrario) carecen por completo los pozos de galerías ó minas, que aumenten la superficie manante; y esto es tanto más de sentir, cuanto que siendo al parecer pequeña la pendiente de la capa acuifera, y corto, por tanto, el gasto, la extensión de la superficie de filtración de los pozos y galerías, influiría muy considerablemente en la importancia del caudal avenado.

Especial interés ha tenido para nosotros el estudio, no sólo del contacto de las formaciones diluvial y miocena en la parte S. y SE. de la región, sino también de la faja cuaternaria próxima á estos confines, ya que en ella, y en sitios á veces á más de ocho kilómetros del contacto, hay pozos que á corta profundidad han tocado con el terreno terciario; y con los varios datos tomados en esta zona, nos ha sido posible formar juicio aproximado sobre la importancia relativa que tienen los niveles acuiferos, ya en pleno cuaternario, ya más profundo en la superficie de contacto de ambas formaciones.

En la zona de unión, pues, y próxima á ella, merecen especial mención algunos puntos por el caudal de agua relativamente grande con que cuentan.

Canillejas.

En este pueblo, por ejemplo, son varios los pozos que se han abierto para usos domésticos y agrícolas. En la *Quinta de San Gregorio*, situada en el extremo Levante del pueblo, hay un pozo en el cual el agua se encuentra á la pequeña profundidad de 4'20 metros, en ple-

no cuaternario, sin galerías que aumenten la afluencia del líquido: es éste fresco, potable, y su caudal, de unos 40 metros cúbicos por día (que se triplica en invierno), y no merma por los pozos vecinos, particularidad que no es una excepción en Canillejas.

Próximo á esa finca, en la de *La Rosa*, y á una cota de cinco metros más elevada, se encuentra en otros pozos el agua algo más profunda, á unos 15 ó 16 metros, de igual buena calidad potable y con caudal mayor, hasta de 80 metros cúbicos en verano y 200 en invierno, si bien es verdad que estos últimos pozos tienen galerías de afluencia bastante largas y parecen corresponder á diferente nivel freático del señalado en la *Quinta de San Gregorio*.

En la *Villa Dolores* se ha encontrado el nivel acuifero á unos ocho metros de hondura, con caudal abundante y en una capa intermedia entre las de las dos fincas anteriormente citadas, dada la cota de los brocales de *Villa Dolores*, á unos 12 metros sobre la de los antes dichos: el caudal pasa de 70 metros cúbicos al día por pozo, y el agua es potable.

En la finca de Torre-Arias, en el mismo Canillejas, se observan ya en los distintos pozos dos clases de mantos de agua distintos. El primero á unos 16 metros de la superficie, es de gran caudal, con aguas muy potables, y otro nivel más bajo, á los 25 metros, de agua escasa y muy cargada de sulfato de cal, impropia para usos domésticos; y esta circunstancia, con algunas muestras de arcillas muy yesosas que hemos podido ver en los escombros de los últimos pozos, nos hacen deducir la posibilidad de que en Canillejas se encuentre el terciario mioceno á los dichos 25 metros de profundidad, y que al contacto de las formaciones debe corresponder ese segundo nivel freático, de caudal pobre y selenitoso.

La mayor parte de los demás pozos en Canillejas no han cortado más que el nivel acuifero de pleno cuaternario, el de caudal más constante y de mayor importancia, y que aparece siempre á una profundidad entre 10 y 15 metros; tan sólo en otro pozo, en la finca del Sr. Bugallal, parece haberse cruzado ese horizonte, aproximándose al contacto del terciario, pues, en efecto, en el fondo del pozo no hay manantial sensible, recogiéndose en él tan sólo aguas colgadas del primer manto acuifero francamente diluvial.

La Alameda.

Próximo á Canillejas está el pueblo de La Alameda, en el cual se halla enclavada una finca propiedad hoy del Sr. Bauer, donde se aprovechan las aguas subterráneas por medio de norias y bombas para el riego de tan hermosa posesión. El caudal es abundante, ya que para ello se han hecho minados de importancia. Los datos recogidos aquí y en los alrededores coinciden aproximadamente, en cuanto á calidad, caudal de aguas y niveles hidrostáticos, con lo indicado al hablar de Canillejas.

Barajas.

Próximo al pueblo, en el olivar de la *Hinojosa*, hay un manadero que se recoge en una alberca, con un caudal medio de 60 metros cúbicos al día en verano, y pozos de 12 á 15 metros encuentran un nivel freático de agua fresca y buena.

En la fuente llamada del *Cuervo*, cerca del olivar, y á una cota de altitud de 640 metros, surge excelente agua abundante en una hondonada, á un nivel de 20 metros por bajo de los puntos citados últimamente.

Canillas.

Conforme se camina hacia el N. de la zona de Canillejas, Barajas y Alameda hasta el Jarama, disminuye en general el caudal de aguas, y su nivel va siendo más profundo.

Así, por ejemplo, en Canillas, á 700 metros de altitud, los pozos del pueblo (en corto número) no encuentran el nivel acuifero sino á 25 metros ó algo más de hondura, si bien con agua de buena calidad, pero caudal muy escaso.

Hortaleza.

Aquí, entre los 680 y 700 metros de altitud, hay razones para suponer que, además de un manto general acuifero á la hondura de 30 metros proximamente, existe otro más somero, á unos 14 metros, pero de menos gasto, y en general los caudales son más pobres que en la región de Canillejas, Coslada y Barajas, pues no pasan en verano de 40 metros cúbicos en la mayor parte de los alumbramientos, á pesar de contar casi todos ellos con minas, á veces de un quilómetro de longitud. El manto superior, sólo recogido en los pozos de la finca de D. Rafael Ortega, es sin duda más pobre que el inferior.

Chamartín.

En la finca del Sr. Gilhou, á una cota de 720 metros y á menos de 200 al SO. del pueblo, en pleno cuaternario, se alcanza el agua á 20 metros de hondura; el caudal es considerable, y no baja de 120 metros cúbicos por día, aun en pleno verano, merced á un desarrollo grande en las galerías afluentes. Este nivel acuifero se acusa en otros pozos de la localidad, y la calidad del agua es excelente.

En la huerta del Colegio de Jesuitas existe un pozo con profundidad de 24 metros y espesor de agua potable de 11 metros en invierno y 7 en verano, que se extrae con una máquina de vapor que mueve dos bombas, una inferior y otra superior, que elevan cerca de 100 metros cúbicos en veinticuatro horas.

Nunca se ha agotado este pozo; pero el dato no puede ser absoluto, porque tampoco nunca se ha extraído más líquido que el necesario para el uso cotidiano. El terreno que atraviesa el pozo, después de una ligera capa de tierra vegetal, es la arena gruesa; sigue un gran banco arcilloso, presentándose después á los 21 metros el terreno arenisco-silíceo con bastante dureza.

Debe consignarse que hasta la profundidad media de 20 metros no se encuentra agua en esta zona, y aun á esta hondura no siempre es seguro obtenerla.

Fuencarral.

En un parador situado en el extremo Norte del pueblo, hay un pozo de 19 metros de profundidad con agua gorda, pero potable, caudal suficiente para los usos domésticos á que se la destina, y en plena masa cuaternaria. Próximo á este parador, en una fábrica de jabón, á unos 80 metros al S., y á la altitud de 720 metros, hay otro pozo de 25 metros de profundidad con dos metros de agua y caudal de cerca de 60 metros cúbicos en veinticuatro horas, que se utiliza solamente en la fabricación de jabón; pues ni sirve para las calderas de las máquinas de vapor por las muchas incrustaciones que deja, ni es buena para bebida.

El terreno en que se ha abierto el pozo está constituido, en su parte superior, por las arenas del cuaternario; pero en el fondo, dicen que aparece una roca dura cuya naturaleza no hemos podido fijar, pero que suponemos sea la caliza que á veces corona el terciario.

En este mismo pueblo, en la casa-cuartel de la Guardia civil, al extremo S., junto á la iglesia, á una cota de 725 metros, hay un pozo de 15 metros de profundidad con 0'60 de agua no potable, cuyo caudal no pudimos determinar.

Otros varios pozos de la misma región acusan datos análogos.

Tetuán.

En esta barriada, en la casa del cochero Manuel Simón, próxima á la iglesia, á una cota aproximada de 710 metros, hay un pozo de 25 metros de profundidad con 0'30 de agua mala y caudal escaso.

En la casa núm. 31 de la calle de los Voluntarios Catalanes, de D. Mariano Alvarez, hay un pozo de 15 metros de profundidad. El espesor del líquido es, como máximo, 1'50; mínimo, 0'22. En verano se agota con facilidad; pero se repone pronto. El agua es potable y de temperatura fresca. Está abierta la excavación en el sistema cuaternario, de arenas gordas, más cuarzosas que feldespáticas, poco alterados sus elementos, de tamaños bastante desiguales y con cantos gruesos á cierta profundidad, formando lo que llaman los poezos de Madrid *terreno tosco*. El agua afluye del fondo en parte y más

por el hastial del N., que es hacia donde corresponde también la mayor altura del terreno en aquellos contornos. En el invierno de 1904 se vió que á los ocho metros de profundidad, salía un chorro de agua, como de abundante caño de fuente, durante algunos días, caudal procedente de las filtraciones más superficiales, y que fija la hondura de aguas colgadas, cuya existencia está confirmada en otros varios pozos de la localidad, pues los niveles constantes y con corriente, que se llaman aguas de paso, se encuentran siempre más profundos.

En la casa núm. 38 de la misma calle hay un pozo en el jardín, á 47 metros al N. del anterior y á unos siete metros sobre el nivel de la calle. La profundidad es de 20 metros; el espesor de agua dos metros como máximo y 0'75 como mínimo; agua potable y fresca, de temperatura agradable en todas las estaciones, que disuelve el jabón, haciendo desde luego algo de espuma, y es hidrotimétricamente comparable á la de los antiguos viajes de aguas de Madrid.

Chamberí.

En la calle de Bravo Murillo, núm. 76, tabona, hay un pozo de 51 metros de profundidad con dos metros de agua como máximo, poco más ó menos, lo mismo que en la misma calle, núm. 60, ocurre en otro pozo de 42 metros de hondura, que es también la del que existe en el Colegio de los protestantes.

En el mismo barrio, calle de Doña Maria de Guzmán, núm. 6, casa de D. Eduardo Alvarez, hay un pozo de 31'75 metros de profundidad, con 0'50 de agua como caudal mínimo al año: ésta es potable, de buen gusto y fresca.

Los demás pozos que hemos visitado en esta zona, proporcionan datos muy parecidos y es, por tanto, ocioso indicarlos.

Con todo lo expuesto, basado en las observaciones propias y en las que de antes se conocían, pueden sentarse algunas conjeturas que sirvan de guía para esclarecer punto tan interesante cual es el relativo á los caudales de agua subterránea de una región donde ningún estudio concreto se ha llevado á cabo hasta el presente.

En primer lugar, y fijándose en los datos recogidos para el contacto del cuaternario con el mioceno, en la parte SE. de esta región y en la zona inmediata de 40 kilómetros de anchura, donde no sola-

mente la masa diluvial no presenta espesores considerables, sino que además se ve interrumpida por algún islote terciario, puede asegurarse que son dos los niveles acuíferos generales con agua cargada de sales calizas, principalmente sulfato, y caudal muy escaso.

A cota superior, en pleno cuaternario, existe, por el contrario, una gran capa acuífera, importante, no sólo por el caudal, sino por su extensión general, y la excelente naturaleza del líquido. La profundidad á que se encuentra por bajo de la superficie varía entre 8 y 40 metros, según las condiciones topográficas del suelo, la estratigrafía, la alternación local de rocas silíceas y arcillosas, y la mayor ó menor disgregación de los materiales del subsuelo. Este nivel acuífero general buza algo al S. y hacia el Jarama.

Aislados á veces de este nivel general, y separados por algunos lentejones arcillosos impermeables, existen en algunos puntos depósitos de agua, muy somera (á seis y ocho metros de profundidad), en algunos casos de importancia, pero el caudal es muy inestable conforme con las variaciones climatológicas. Son las llamadas *aguas colgadas* de la zona de Madrid.

La primera conclusión que se puede sacar de nuestro estudio, es la de repetir que la cantidad de agua existente en los varios niveles hidrostáticos del terreno cuaternario, sería suficiente para convertir en regadío y á poca costa mucho más terreno que el que hoy se cultiva en estas condiciones con agua elevada por medio de bombas y norias, si bien no podría exagerarse este aprovechamiento, por cuanto que no teniendo más origen estas aguas que las que se infiltran de los hidrometeoros regionales, y siendo éstos en la zona de Madrid, según datos del Observatorio astronómico, de unos quinientos litros por metro cuadrado al año, no se puede deducir que el agua filtrada por el terreno exista en cantidad suficiente para el riego completo de la zona, pero si bastante, si se aprovechase como debiera, para convertir en fincas de regadío hasta diez ó doce mil hectáreas hoy de secano en la región.

Respecto á la existencia de aguas artesianas en ella, se ha hecho poco para averiguarlo, dada la insuficiencia del sondeo emprendido por el Sr. Mateu en la calle de Espoz y Mina de esta corte, á pesar de ser el más profundo de los varios comenzados en la provincia, pues según el Sr. Prado, sólo llegó á la profundidad de 203 metros hasta las arcillas y yesos del terciario, habiéndose abandonado entonces el trabajo sin resultado alguno, por más que precisamente á partir

de aquel nivel, y una vez que se hubiera atravesado el horizonte medio del mioceno, es cuando tal vez se ofrecían probabilidades de éxito.

Actualmente el coste que supondría alcanzar una profundidad de 400 y más metros, á la cual es probable que pudieran encontrarse aguas artesianas profundas, no sería obstáculo de importancia, y por ello debiera intentarse, teniendo en cuenta la opinión favorable de varios Ingenieros de Minas, entre ellos el Sr. Pérez Cosío, en su Memoria del estudio de alumbramientos de aguas aprovechables en la fábrica de cervezas de El Aguila, en Madrid, trabajo que aceptamos en sus consideraciones generales por estimarlo interesante respecto al estudio de las corrientes subterráneas de la zona objeto de nuestro cometido, con tanta más razón cuanto que muchos de los datos consignados en el escrito hemos podido comprobarlos directamente, y así en ocasiones los ampliamos ó modificamos, parcialmente, ayudados con los consejos y experiencia de nuestro Jefe el Sr. Cortázar.

La Memoria del Sr. P. Cosío comienza refiriéndose á las aguas someras, y dice detalladamente que los llamados niveles acuíferos ó capas acuíferas, necesitan para su existencia una capa permeable de terreno descansando sobre otra impermeable, formando la primera el recipiente y la segunda el fondo, para que en el contacto de las rocas de permeabilidad distinta se acumulen las aguas, y según que la sucesión de estratos permeables é impermeables esté lejos ó cerca de la superficie, variará más ó menos la cantidad de agua almacenada, que también dependerá de la topografía del terreno y de la cantidad de los meteoros acuosos locales.

El estudio fisico-geológico de la localidad donde se pretenda alumbrar aguas, tiene, pues, influencia decisiva sobre la mayor ó menor posibilidad de encontrarlas, y como la formación geológica en la que está enclavado Madrid, corresponde á la denominada aluvial, de la época cuaternaria, conviene que repitamos concisamente cómo la dicha formación está constituida, junto con aquellas otras infrayacentes.

Dicho queda que las rocas cuaternarias son: arenas algo feldespáticas en lo alto; inferiores á éstas las arcillas ó gredas llamadas *gredón* por los alfareros del país, y, finalmente, en lo bajo un banco de canto suelto ó guijo.

Descansa toda esta formación sobre las rocas terciarias miocenas constituidas, cuando está completa la serie, y según D. Casiano de

Prado, por calizas; arcillas y margas, con yeso, pedernal y magnesita; y areniscas, arenas y conglomerados ó almendrones.

Si bien todos los elementos de la serie cuaternaria se presentan casi siempre en cualquier punto de la provincia de Madrid en que esté representada la formación, no ocurre lo mismo con respecto á las rocas de la época terciaria, sino que faltan algunas de ellas, bien por haber sido derrumbadas, bien por formar, como la magnesita, el pedernal y aun el yeso, nódulos y lentejones en vez de capas continuas.

Así como las rocas pertenecientes á las dos épocas geológicas, terciaria y cuaternaria, se extienden en dos manchas de gran extensión dentro de la provincia de Madrid, las rocas de la serie secundaria, representadas por calizas y margas cretáceas, sólo asoman formando fajas estrechas y casi en los linderos de la provincia ó en las limitrofes, y no hay necesidad de estudiarlas en detalle, ni que tampoco describamos las rocas de la época primaria, ni las hipogénicas, pues aunque estas últimas tienen gran importancia en el país, están confinadas en la sierra, desde donde, sólo como barrera, influyen en la hidrología de los terrenos dominantes en el campo de nuestros reconocimientos.

Considerando la geognosia estratigráfica de los alrededores de Madrid, veamos de fijar los niveles que, á no gran profundidad, pueden suministrar aguas potables y de regadío.

La serie cuaternaria local ofrece grandes probabilidades de encontrar aquéllas en la zona del guijo, cuando descansa directamente sobre las arcillas miocenas (como ocurre en Madrid), á causa de haber desaparecido, por efecto de antiguos derrubios, las calizas superiores del terciario.

Pero además, según queda indicado, dentro de la gran masa sabulosa hay, por la interposición de estratos gredosos, más de un nivel acuífero, y en comprobación podemos citar los que alimentan los antiguos pozos de las casas de Madrid, muchos de los cuales aún se utilizan, y principalmente deben considerarse los verdaderos ríos ó arroyos subterráneos que hay dentro de la formación.

Sirvan de ejemplo el llamado de Maudes, que, procedente de los altos de Chamartín, hoy camina oculto en la cañada que va desde el Hipódromo hasta la Puerta de Atocha, con un afluente subterráneo del barrio del Barquillo. El que marcha por debajo de la calle del Arenal y se pierde en el terraplén sobre que está construida la actual Plaza de Isabel II, alimentando, antes de que ésta se hiciera, los

célebres Caños del Peral, y siendo cauces dependientes de su cuenca: uno que llevaba las aguas descendientes por la calle de la Montera y por el Postigo de San Martín; otro el que aún sirve de paso al manantial de los baños de Oriente, esquina á la calle de la Escalinata, el cual parece venir de la Plaza Mayor y calle de las Fuentes; otro que conduce el venero iluminado casualmente al hacerse en 1837 la casa de Travesedo en la calle de Santa Clara; y por fin, el que sito debajo de la calle del Factor y de las estribaciones del viaducto de la calle de Segovia, ha ocasionado en varias ocasiones con sus hundimientos el asiento exagerado de algunos edificios, como el antiguo palacio de Abrantes y la casa de los Consejos. El arroyo de Embajadores es la única corriente de dentro del perímetro de Madrid que todavía desagua en el Manzanares por cauce descubierto á la izquierda del Paseo de las Acacias, procediendo, indudablemente, parte de sus aguas del gran venero que surtía los antiguos baños de Berete, que hasta mediados del siglo pasado existieron en la calle de Valencia. También circula subterráneamente el antiguo arroyo de Leganitos, transformado en alcantarilla hace ya muchos años, y poco á poco va enterrándose el arroyo de San Bernardino, que desde los altos del NO. de la capital baja al Manzanares.

El terreno cuaternario viene á concluir en Madrid hacia la Puerta de Atocha, y desde allí dominan las rocas terciarias miocenas, siendo la posibilidad de encontrar aguas en lo alto de este mismo terreno más remota que en la zona diluvial, no obstante que en la vía del ferrocarril de circunvalación, como á un quilómetro al S. del Cerro de la Plata y del barranco en cuyo fondo corre uno de los desagües del alcantarillado de Madrid, existe una huerta que se riega con aguas procedentes de un pozo practicado en pleno terreno terciario; pero debe tenerse en cuenta que las necesidades de agua de una huerta que puede tener media hectárea son pocas, y como las arcillas y margas de aquella parte del terreno no son puras, y, por tanto, sus condiciones de impermeabilidad no son absolutas, pueden dejar penetrar cantidades de agua, que si bien alumbradas basten para regar una reducida parcela, no puedan de manera alguna proporcionar utilidad general. Creemos, por tanto, imposible, en casos como éste, el abastecimiento de aguas en cantidad por el procedimiento común de pozos de pequeña profundidad y minas de corta longitud.

En cuanto á la calidad de las aguas someras de la región que consideramos, es muy buena, y pueden utilizarse para todas las necesi-

dades del campo ó de las poblaciones, aun cuando en algún caso debieran someterse á un examen bacteriológico que demostrase la ausencia de *gérmenes patógenos*.

Pero si no creemos posible obtener de la formación terciaria aguas en cantidad suficiente por medio de pozos y galerías, esperamos en cambio que puedan conseguirse atacando con minas las zonas permeables en el contacto con las impermeables dentro de la masa del terreno cuaternario, pues esto es lo que desde tiempo inmemorial se ha hecho para surtir los antiguos viajes de aguas de Madrid, y á filtraciones semejantes son debidos los arroyos de la capital antes mencionados.

También entre otros medios que pudieran seguirse para obtener aguas en algunas zonas de las inmediaciones de Madrid, sobre todo para usos industriales, pudiera uno ser el aprovechamiento del caudal del río Manzanares.

Mucho se ha debatido sobre la importancia de éste, pues su álveo cambia tan radicalmente de constitución geológica, que poco antes del Pardo, en el camino de la Marmota á dicho Real Sitio, las rocas que lo constituyen son graníticas, cuya impermeabilidad hace que el río, en esta parte de su curso, se presente mucho más caudaloso que después, en las proximidades á Madrid, donde los aluviones antiguos y modernos, compuestos de cantos y casquijo, grava y arenas, dejan filtrar las aguas y aparece la corriente casi en seco ó con caudal aparente pequeñísimo.

Esta circunstancia hizo pensar, con fundamento, al gran geólogo é ingeniero D. Casiano de Prado, que en la cuenca subálvea del río debía encontrarse toda el agua sumergida, más la procedente de las filtraciones y afluencias de las márgenes.

Los ensayos que se han hecho, si no respondieron por completo á las esperanzas fundadas, probablemente habrá de atribuirse á la poca inteligencia ó preparación con que se ejecutaron las obras, pues si bien con ellas el río ha proporcionado aguas suficientes en los primeros tiempos, la cantidad ha ido disminuyendo, hasta el punto de que si no se han abandonado por completo los trabajos, su utilidad no compensa las sumas gastadas en ellos.

Como ejemplos, citaremos dos muy conocidos. En la fábrica de papel fundada por el difunto Marqués de Santa Ana, y situada en el Paseo de las Yeserías, se intentó el año 1880 realizar el abastecimiento de aguas tomándolas del río Manzanares. Después de largo

tiempo de labores costosas y difíciles, por lo mal dirigidas, el medio fué abandonado, contribuyendo no poco esta falta de aguas al éxito desgraciado de toda la empresa.

También el año 1900, la Compañía general Madrileña de Electricidad intentó obtener del Manzanares las aguas precisas para la condensación del vapor de sus máquinas, á cuyo efecto, pozos abiertos en las orillas del río (donde adquirió los terrenos necesarios), sirvieron como puntos de ataque á la zona subálvea, donde se colocaron tubos filtrantes necesarios para absorber las aguas que, por medio de bombas, é impulsadas por una tubería, llegan hasta los depósitos de la fábrica, distante unos 400 metros.

Las aguas obtenidas fueron las suficientes, pero su cantidad ha ido disminuyendo, y si bien tienen la ventaja de su baja temperatura, no sirven para la alimentación de calderas, por ser muy calizas, ni para la bebida, por la cantidad de *bacterias* que arrastran, á pesar de filtrarse en los aluviones del río, como tomadas después que desaguan en éste los colectores de la capital. El coste de esta obra pasó de 300000 pesetas.

La investigación de las aguas profundas de la provincia de Madrid es problema pendiente, por más que hay ya datos conocidos para encontrar su solución.

Cierto es que los sondeos practicados en la capital y sus alrededores desde 1820 á 1850 no dieron buenos resultados, pero tales intentos fueron insignificantes y sólo obligados por que el problema de abastecimiento de aguas de Madrid, aún sin resolver, más lo estaba antes de la traida de las aguas del Lozoya, cuando sólo se contaba con los antiguos viajes, que habian de servir para el consumo de una población de cerca de 300000 almas, y en estas condiciones nada tiene de extraño que Madrid se dedicase, sin preparativos de ninguna especie, á la investigación de aguas profundas, que habian de surgir, casi por milagro, á la superficie, para apagar la sed de los habitantes, limpiar las casas y calles y alimentar posibles industrias futuras.

Pero desde el fracaso del sondeo de la casa del Sr. Mateu, el desaliento se apoderó de los más entusiastas y no ha vuelto á pensarse en semejante medio de abastecimiento, considerado ya por muchos como una idea imposible de realizar en Madrid, juzgando el caso con la misma falta de fundamento que llevó á algunos en la época anterior á buscar aguas ascendentes á los pocos metros de cortar las arenas diluviales de la capital.

En nuestra opinión, la iluminación de aguas artesianas en Madrid nada tiene de absurdo hoy, contando como se cuenta, con un conocimiento más perfecto de las condiciones geológicas de la región, y con elementos mecánicos de sondeo que no soñaron nunca los que perforaban pozos en la primera mitad del siglo pasado.

Fijándonos en la configuración general de la cuenca del Tajo en Castilla la Nueva, se observa que las dos grandes fajas de los terrenos diluvial y mioceno que la constituyen, con dirección aproximada de SO. á NE., están casi comprendidas en un marco de terrenos más antiguos cual diques geológicos que las encuadran. Entre ellos la faja del período cretáceo que separa el terciario y cuaternario de las rocas hipogénicas de la cordillera Carpeto-Vetónica, y que siguiendo la dirección de SO. á NE. marcha desde El Molar á la Puebla de Vallés, y á partir de este último punto, con rumbo general de O. á E., continúa á La Toba y Sigüenza, para todavía llegar revolviendo hasta Valtablado, ya bien dentro de la provincia de Guadalajara, y adquirir todo su desarrollo en la de Cuenca. Dependiente de esta masa hay otra faja de terreno cretáceo que, con dirección aproximada de N. á S., comienza en Alocén, en territorio alcarreño, y pasando por Sacedón, llega hasta Uclés, en tierras conqueuses, é interrumpiéndose superficialmente, sigue con otros asomos por Torrubia del Campo, Quintanar de la Orden y el Toboso, para llegar con algunas soluciones de continuidad, pero con unión interior, hasta tocar el triásico de Alcázar de San Juan.

La identidad de composición de las fajas cretáceas del O., N. y E. de la cuenca terciaria y la disposición corográfica de las mismas, han hecho suponer á muchos geólogos, entre ellos á los Sres. Prado, Bottella y Cortázar, que el lago terciario en que se depositaron las capas miocenas que hoy forman como la osamenta de la cuenca del Tajo y sus afluentes en el territorio madrileño, tenía por recipiente una nava cretácea continua, y, por tanto, que debajo de los materiales formados entre aguas dulces debe en buena parte de la comarca existir el terreno cretáceo.

Por la parte S. los diques del lago fueron las capas triásicas, silurianas, graníticas y estrato-cristalinas de los montes de Toledo ó cordillera Oretana, que se unian con las estribaciones de la sierra de Gredos (que forma parte de la Carpeto-Vetónica, constituida esencialmente por rocas hipogénicas), hacia donde ahora se encuentran Puente del Arzobispo y Talavera de la Reina, sitio por el cual rompió

primeramente el río Tajo para que buscasen salida las aguas del gran lago terciario. Completo estuvo, pues, el cierre de la cuenca, ya que el lindero septentrional del mismo, en las actuales provincias de Toledo y Madrid, lo formaba la sierra con sus ingentes masas impermeables.

En el cretáceo de la cuenca del Tajo las rocas que lo constituyen y que se presentan de ordinario son las calizas en la parte superior y areniscas más ó menos puras, desde arenas de colores distintos, blanco, ceniciento, gris de humo, amarillento, ó rojizo, hasta caolines casi sin mezcla de arena alguna.

La presencia de estos materiales es muy constante en todos los puntos en que el cretáceo aflora, presentándose á veces las capas de areniscas comprendidas entre otras de margas arcillosas apenas permeables y siendo calizo lo alto de la formación.

En cuanto á las rocas que pertenecen al mioceno lacustre, ya queda repetido que forman tres tramos, el primero, contando desde arriba, calizo; el segundo de margas y arcillas con yesos, y el tercero é inferior de areniscas y almendrones silíceos.

Pero esta composición geológica no es constante, es decir, que dentro de la misma formación hay puntos en que faltan algunos de los miembros de ella, pues mientras que en Colmenar de Oreja se presenta en la cúspide la caliza en bancos potentes; y en Alcalá de Henares, en el sitio llamado Vera Cruz, en un corte visible de 120 metros, el espesor de la caliza no pasa de ocho metros, formando dos capas separadas por un banco de conglomerados; en los alrededores de Madrid el miembro de calizas ha desaparecido en absoluto, y únicamente se observa, en lo que abarca la vista desde el Observatorio astronómico, una llanura aparente, donde los derrubios sólo ha dejado algunos montículos de capas miocenas, formadas por arcillas y margas yesosas, que también desaparecen en la profunda cortadura del Manzanares.

Así como el horizonte calizo falta en parte de la formación miocena terciaria de Madrid, el tramo de las arcillas y margas con yesos no falta nunca, y adquiere tal desarrollo que, por ejemplo, los bancos de algez que están en explotación cerca de Colmenar de Oreja, se presentan en Aranjuez á 49 kilómetros de distancia.

En la profunda cortadura que en Alcalá ha producido el río Henares, se pueden observar las tres zonas de capas del terciario mioceno, dominando la de las margas y gredas yesosas; y en Vicálvaro, en el

cerro de Almodóvar, ó de Vallecas, no hay calizas, pero asoman capas de arcilla y marga, con pedernal, ópalos y magnesita, y á nivel inferior gredas y margas, conjunto que corresponde al miembro más potente de la formación.

Como en el terreno terciario del término municipal de Madrid no hay grandes cortes naturales, ni los sondeos en él ejecutados alcanzaron profundidad suficiente para salir del horizonte de las arcillas y margas, no puede estudiarse la composición del sistema en su contacto con el cretáceo, y sólo se deducirá algo de ello recurriendo á los sitios donde por estar las capas inclinadas puede observarse la sucesión de las mismas.

Lo mismo en el camino de La Cabrera á Redueña que siguiendo una línea paralela á la anterior, más á Poniente, á partir de Cabanillas, el terciario mioceno asoma con mayor ó menor tendido y variable buzamiento, y compuesto de abajo arriba, es decir, contando á partir de los estratos que se apoyan sobre las capas cretáceas, por almendrones, maciños, areniscas blancas y rojas, arcillas, gredas y margas yesosas, disposición casi igual á la que se observa en la Atalaya del Vellón, en las cercanías de Quijorna y en general en todos los sitios donde la creta y el mioceno se hallan en contacto, siendo el tramo calizo el esencial de lo alto de la formación secundaria.

De lo expuesto deducimos una consecuencia, en nuestro concepto importantísima, y es la existencia casi constante de zonas sabulosas entre, ó por cima de las capas de arcillas, es decir, rocas permeables sostenidas por otras impermeables, con afloramientos en el terreno á altitudes superiores á la media de la capital.

Como consecuencia de ello puede deducirse que Madrid en general y más particularmente los puntos bajos de la cuenca del Manzanares, reúnen condiciones para la obtención de aguas artesianas, aunque acaso por falta de impermeabilidad absoluta en los materiales que encajan las capas acuíferas, no sean estas muy abundantes.

Recordemos, en confirmación, por más que sea elemental, las circunstancias que deben cumplirse en una cuenca geológica para que contenga aguas artesianas ó sugidoras. Son las siguientes:

- 1.^a Que en profundidad se encuentre una capa permeable comprendida entre dos impermeables.
- 2.^a Que con posterioridad á la consolidación de los materiales que forman las capas, no se hayan producido en éstas por dislocaciones, fallas, queiebras, ni pliegues parciales de importancia.

3.^a Que todas las capas bucen formando cuenca, en la cual se encuentre el sitio destinado al alumbramiento.

4.^a Que la capa ó capas permeables afloren en las partes altas de la cuenca con extensión bastante para recoger y absorber las aguas superficiales.

Del estudio que anteriormente hemos presentado de la cuenca del Tajo, para el conjunto de las formaciones miocena y cretácea, creemos que puede deducirse la existencia de las cuatro condiciones adecuadas para buscar aguas artesianas.

La primera parece demostrada, pues las capas de areniscas y arenas que existen, tanto en el sistema geológico secundario como en el terciario, se presentan, juzgando por los cortes del terreno, comprendidas entre lechos de arcillas ó calizas impermeables.

La segunda condición se cumple desde el momento en que siendo las rocas de que se trata relativamente modernas, los movimientos orogénicos capaces de producir gran perturbación en la estratigrafía no son muy de temer, por más que en algunos puntos de la cuenca haya desarreglos locales en los estratos, que deberán casi siempre atribuirse á la formación *in situ* de los yesos.

Con respecto á la condición tercera, la creemos difícil de demostrar, porque una cuenca tan dilatada como la en que nos ocupamos, no es fácil presente todos sus estratos buzando ordenadamente como la gradería de un circo; pero, si es cierto que en nuestro caso la marcha de las capas indica una orientación general con tendido sensible hacia el centro de la cuenca.

En cuanto á las altitudes de los afloramientos terciarios y cretáceos, baste decir que los puntos en que emerge el cretáceo son los derrames de la Sierra del Guadarrama, en la cordillera Carpeto-Vetónica, ó las vertientes de las sierras que pertenecen por su conjunto á la cordillera Ibérica, gran divisoria de España entre el Atlántico y Mediterráneo, y, por tanto, la cuarta condición está claramente demostrada, pues las capas permeables en las cuales creemos se hallarían las aguas, son las arcosas del cretáceo ó las areniscas del terciario, y lo mismo las unas que las otras se presentan con bastante extensión y altura para absorber el agua de los hidrometeoros, y aun de las corrientes que circulan por la superficie del terreno donde aquéllas afloran.

Las cuatro condiciones de que hemos hablado creemos, pues, que deben cumplirse en la cuenca del Tajo cerca de Madrid; pero como

desgraciadamente no es posible en Geología formular conclusiones absolutas y menos en el terreno de la hidrología (pues por todos es sabido que en una cuenca claramente definida como artesisiana, á pequeña distancia de un punto donde se ha practicado un pozo cuyas aguas surtidoras alimentaban una industria de importancia, un nuevo sondeo no ha encontrado caudal ninguno surgidor, por causa de cualquier accidente local), nos limitamos á exponer que las razones anteriores son suficientes para intentar, sin que se califique de despropósito, la apertura de algún pozo artesisiano en el territorio matritense, cuyas aguas, en caso de brotar, representarían enorme riqueza.

Esta opinión favorable, se funda, no sólo en las razones que expuestas quedan, sino en la respetabilísima opinión de D. Casiano de Prado, que dice textualmente en su Memoria geológica de la provincia de Madrid, al hablar del terciario de Venturada y Cabanillas: «Es sensible que los pozos artesianos que en Madrid se han abierto no hayan pasado de las arcillas, pues en las arenas de la base es donde, según toda probabilidad, se presentarían aguas ascendentes y surtidoras.»

A pesar de haberse emitido opinión tan autorizada en el año 1864, nadie, que sepamos, ha intentado desde aquella fecha, ni el más insignificante sondeo en la provincia de Madrid, más hoy, que el progreso industrial y agrícola es cierto, la cuestión ha de volver á plantearse, pues las ventajas de los pozos artesianos son indudables, no sólo por la cantidad de aguas que proporcionan y la altura que éstas alcanzan, lo cual permite los riegos de pie y las conducciones baratas, sino también por la permanencia y seguridad del gasto ó rendimiento del manantial, pues si bien es verdad que no hay absoluta certeza de que un pozo artesisiano no se secará nunca, lo cierto es que hasta ahora ninguno de los que se han perforado con éxito se encuentra falto de agua.

Tal es el resumen de lo que hemos observado en la zona encomendada á nuestro estudio dentro de la provincia de Madrid, y que procuraremos ampliar con nuevas expediciones; mas para terminar ahora acompañamos una Nota original del Sr. Prado, encontrada casualmente, que sin duda le sirvió para escribir el artículo de las fuentes en la *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*, pues son datos que en parte completan lo hecho por nosotros.

NOTA.

FUENTES DE LA PROVINCIA DE MADRID

POR

D. CASIANO DE PRADO

Las fuentes son en gran número en las rocas graníticas, y aun en el neis y en la micacita, así como en las pizarras y cuarcitas del terreno siluriano; y aun cuando no muy abundantes, de agua tan delgada que se diferencia poco de la destilada en pureza. Sólo ofrecen excepción las que proceden de la micacita, en Robledillo, Serrada, Collado de la Iruela y Berzosa, que á pesar de brotar en las mismas rocas hipogénicas y del estrato-cristalino, si allí se bebe agua buena es cuando la van á buscar á las fuentes del terreno siluriano, tal vez porque, según han demostrado los análisis, entre las substancias que impurifican los manantiales dependientes del neis y las micacitas predomina mucho la magnesia, la cual puede provenir de que en muchos puntos el terreno estrato-cristalino es algo talcoso y se halla reducido á una tierra casi suelta.

Se hicieron pocos análisis que merezcan alguna confianza de las aguas de la Sierra; pero casi estoy seguro de que las del Manzanares ó del Guadarrama, procedentes del granito, apenas variarán de las del Lozoya, que tienen un buen análisis publicado por el Sr. Rioz, según el cual las substancias fijas no pasan de 0'024 por mil y dan sólo cuatro grados con el hidrotímetro.

Muchos de los manantiales que salen en el granito dan un agua cárdena, así llamada en el país por su color blanco azulado, parecido al del cardenillo cuando ha estado expuesto al aire por bastante tiempo; pero no por eso se la cree mala para beber. Al contrario, personas hay que la prefieren á la más cristalina, aunque proceda

de la misma roca. Sucede á veces que de dos manantiales separados por corta distancia y ambos en el granito, el uno da agua perfectamente cristalina y el otro cárdena, á veces tan cargada de color, que éste se percibe aunque sea en una copa; pero en otras sólo cuando se ve reunida en bastante cantidad, como en los pilones de las fuentes.

El agua de la de Pedrezuela, que sale en micacita, es también un poco cárdena, y sin duda procede de alguna masa de granito que no llega á la superficie. Creo que este color especial de las aguas sea debido á un silicato de alúmina producido por una descomposición natural del feldespato.

Las aguas procedentes de las calizas del terreno cretáceo ya no son tan puras ni tan finas como las que brotan en los terrenos más antiguos ó en el granito. Así es que en Guadalix prefieren para beber las que manan en el neis á las de las fuentes inmediatas del Pilaucón y del Espinar, que salen en la caliza cretácea, las cuales no se emplean más que para regar, pues no usan el agua ni para lavar la ropa por el gasto mayor de jabón. Las fuentes del terreno cretáceo son perennes y muy abundantes por regla general, como es lo común para los manantiales que brotan entre calizas, algunos tan copiosos que forman ríos desde donde surgen, como el del Ebro ó el del Júcar, ó como la fuente de Valclusa, una de las más notables de la Europa, que el Petrarca hizo célebre, y cuyo caudal varía de 7 á 22 metros cúbicos por segundo, según las estaciones, formando el río Sorgues, afluente del Ródano.

En la zona de las arenas las aguas difieren mucho en calidad. Las hay finas y las hay gordas. De los seis análisis que de las primeras, tomadas en los puntos donde se reparten á las principales fuentes de Madrid, hicieron los Sres. Masarnau y Lletget en 1852 por disposición de la Municipalidad, resulta que su composición es análoga, presentando todas ellas, aunque en proporciones algo diferentes, sulfato cálcico, cloruro magnésico y sódico, carbonatos cálcico y magnésico y sílice. En 1000 partes contienen por término medio 0'26 de substancias fijas, de las cuales 0'08 son de sulfato cálcico.

Las aguas de la Sierra, y para ellas me refiero á las del Lozoya por no conocer ningún análisis de las demás que merezca confianza, son mucho más puras que las del terreno cuaternario, aun cuando unas y otras suelen ser excelentes para la bebida y para el lavado por el poco consumo de jabón, correspondiente á las escasas sales que las

impurifican, siendo de notar que en todas las fuentes, cuando dan menos agua, ésta por lo general contiene más sustancias fijas, y aun á veces sucede también que si el rendimiento no varía, cambia la composición, sin causa bien justificada.

Fueron consideradas siempre como excelentes para bebida las aguas de las fuentes antiguas de Madrid. La de la fuente del Berro es la que se ha tenido por mejor, y la que ha bebido siempre la Familia Real, siendo notable que su origen no dista mucho del viaje ó conducción de las aguas gordas de las Ventas del Espíritu Santo. Sin embargo, no faltan en Madrid personas que prefieren al agua de los viajes la de Pozuelo de Alarcón, y la hacen venir todos los días para su uso. Esta fuente nace también entre las arenas cuaternarias, lo mismo que las de Villaviciosa, los Carabancheles y otros muchos pueblos que las tienen también muy buenas. Preciso es reconocer, sin embargo, que la del Canal del Lozoya lleva ventajas para las máquinas de vapor y otros usos de la industria, para lavar y para hacer de comer.

Hay también en la zona del diluvio algunas aguas cargadas de yeso, que vulgarmente se llaman gordas ó tercas, y que en Madrid sólo se emplean para el abasto de algunas fuentes de adorno, para riegos ó para otros usos secundarios. Se hallan sobre todo en la parte baja y del O. de la zona, donde el espesor del terreno cuaternario es poco, y nacen sin duda en el terciario. En cuanto á las aguas finas, proceden en parte de las que pierden los ríos por sumideros ó por filtración, y en parte de manantiales que pueden existir en los terrenos antiguos subyacentes.

En la zona terciaria ya no hay agua tan delgada como las de las formaciones cristalinas de la Sierra, ni aun como las mejores de la zona de las arenas. Sin embargo, preciso es hacer diferencia entre las de la parte superior, compuesta de caliza, y las de la inferior, en que abunda el yeso. Las primeras pueden considerarse como buenas y saludables, pues el carbonato de cal que suelen contener es más bien provechoso que perjudicial para las funciones de la vida, cuando no está en excesiva cantidad. La regla para esto es que las aguas no formen incrustaciones en los sitios por donde pasan.

En el terreno terciario inferior las aguas son gordas y las menos convenientes para usar como bebida, á no ser cuando no hay yeso en bastante distancia, pues entonces su calidad es algo mejor. A veces las aguas del terciario son salobres ó salitrosas, que son las peo-

res de todas, debiendo preferirse las de río, las cuales se usan para beber en algunos pueblos de la provincia, aunque hayan de buscarlas á una legua ó más de distancia. En unas casas las toman todos los días conforme se necesitan, y en otras las acopian en grandes tinajas para que se clarifiquen. Sólo ofrecen un defecto, el de ser demasiado calientes en verano y frías en invierno, lo que no sucede con las de pozo y de fuente, si es que éstas no vienen encañadas desde muy lejos á poca profundidad, pues entonces se caldean mucho en el estío, y en los países fríos se hielan en invierno, produciéndose en consecuencia fugas frecuentes en los tubos de conducción y distribución, por la rotura de éstos con las dilataciones y contracciones del líquido circulante.

Por regla general, las aguas de los ríos pueden considerarse como buenas en todos los terrenos, y acaso mejores que las de las fuentes mismas de donde proceden después de haber corrido al aire libre algunos kilómetros. Los ríos de la Sierra, según me han dicho, llevan aguas tan puras casi como las de lluvia. En el Tajo, Tajuña y Henares no sucede lo mismo; pero á pesar de que sus aguas corren por terrenos yesosos muchas leguas, no por eso pueden considerarse como gordas.

En la zona terciaria es donde, por lo dicho, se hallan las peores aguas de pozo, que nunca son superiores, aun en los terrenos más favorables, si los pozos no caen sobre una vena de agua viva, ó se usan poco y, sobre todo, cuando están en lo interior de las poblaciones, donde suelen contener materias orgánicas descompuestas, principalmente si el terreno es terroso ó detrítico, y fácilmente permeable por lo mismo.

En la zona de las arenas hay muchos pozos de buen agua y en la de la Sierra no son tantos, porque se encuentran muchas fuentes, torrentes y regueros, y porque son más difíciles de abrir, y por esto último en algunos pueblos, Cabanillas, entre otros, traen el agua de bastante lejos en carro, depositándola en algibes de siete ú ocho metros de profundidad abiertos en el neis.

Se calcula que en Francia las nueve décimas partes de sus habitantes beben agua de pozo. En España esta fracción debe ser algo menor, y en cambio, mayor en la totalidad de la población del globo. En algunas regiones muy pobladas de la China y la India no se usan por la mayor parte otras aguas, y las personas acomodadas no las beben sino después de someterlas á la ebullición con hojas de té,

lo que fija las sales calizas, y tal es, según yo creo, el origen del uso que se hace de esta planta.

Entre nosotros se bebe sin inconveniente el agua de lluvia pura, pero muy mal aireada, en Cádiz, por ejemplo; también sin inconveniente se beben aguas de pozo, ó cargadas de sales térreas, en muchos pueblos de las provincias de las dos Castillas, mientras que en otros se usan de continuo las aguas de los ríos. Todo depende de las circunstancias.

ESTUDIOS HIDRO-GEOLÓGICOS PROVINCIA DE MADRID

ZONA ENTRE LOS FERROCARRILES DE MADRID A ZARAGOZA
Y DE MADRID A CACERES Y PORTUGAL

TRABAJO DE LOS INGENIEROS

SRES. D. RAFAEL SÁNCHEZ LOZANO

D MARIANO ÁLVAREZ ARAVACA

EXCMO. SR. DIRECTOR DEL MAPA GEOLÓGICO:

I

LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN RELACIÓN CON LA GEOLOGÍA
DE LA COMARCA

Ha de ser objeto del presente estudio la porción de la cuenca del Jarama, que, dentro de la provincia de Madrid, se halla comprendida entre los ferrocarriles de Zaragoza y de Portugal.

Está ocupada casi en su totalidad por el terreno terciario, mioceno lacustre, salvo en parte pequeña del límite occidental, donde la gran mancha cuaternaria que constituye la región Norte del territorio madrileño, rebasa el ferrocarril de Portugal para quedar limitada en una línea sinuosa que se aproxima á los pueblos de Villaverde, Getafe, Parla y Casarrubielos, situados ya en el terciario.

El río Jarama, y sus afluentes Manzanares, Henares, Tajuña y otros de menor importancia, circulan en el terreno mioceno dentro de la zona de que tratamos. El Henares corre, próximamente, por el límite del citado terreno, en todo su curso desde que entra en la provincia hasta que afluye en el Jarama. Sus aluviones forman una

llanura de unos cuatro kilómetros de anchura media que con suave declive vierte al río por su derecha, mientras que en la izquierda una abarrancada escarpa deja al descubierto las capas terciarias con más de 200 metros de espesor.

De amplitud mucho menor que la del Henares son las fajas de aluvión depositadas por los otros ríos de la comarca; mas no por esto dejan de ofrecer interés desde el punto de vista de la hidrología subterránea, como habremos de afirmar más adelante. Tales fajas forman la parte baja y llana de las vegas, donde, por lo general, se encuentran los terrenos más fértiles y de mejores condiciones para el riego.

Tres divisiones han establecido los geólogos en el terciario lacustre de España: en la superior predominan las calizas y margas; en la media, las arcillas, margas, gredas y yesos, y en la inferior, las areniscas y almendrones: de estas tres divisiones sólo se descubren, en la zona en cuestión, la superior y la media. La primera, ó de las calizas, debió formar una mesa que se extendiera por toda la cuenca; pero habiendo desaparecido, en parte, por efecto de los derrumbios á lo largo de las principales corrientes, resulta ahora dividida en mesetas parciales separadas por los valles de los ríos y surcadas profundamente en las barrancas de los afluentes secundarios.

La altitud de estas mesetas aumenta progresivamente del S.SO. al N.NE., aunque tan imperceptiblemente, que las capas parecen dispuestas con horizontalidad perfecta; mas ya observó D. Casiano de Prado, en su *Descripción geológica de la provincia de Madrid*, que las calizas terciarias ofrecen, en conjunto, pendiente de un metro por kilómetro, y nosotros agregamos que en la zona objeto de nuestro estudio llega hasta el 3 por 1000, puesto que en 44 kilómetros de distancia, entre las calizas de Colmenar de Oreja y las de los Santos de la Humosa, hay 140 metros de desnivel. «Aparte de esta pendiente, dice el referido geólogo, la superficie general tampoco es perfectamente uniforme, aun prescindiendo de los espacios rebajados por la denudación, sino que forma un conjunto de partes cóncavas y convexas, por más que sean en extremo achatadas é insensibles á la vista miradas desde lejos, en medio de otras verdaderamente planas. Estos accidentes se pueden explicar por el asiento natural de los terrenos.»

Y esto es interesante para formar juicio acerca del régimen subterráneo de las aguas, porque claro es que tales desigualdades de la

superficie ocasionadas por el asiento natural de las rocas, tienen que acusarse igualmente en la serie sucesiva de las capas terciarias; de suerte que en profundidad deben los lechos de estratificación presentar irregularidades semejantes á las de la superficie, aun cuando menos acusadas, por lo general, porque hasta ellos no ha alcanzado la acción derrubiadora.

En la región occidental de nuestra zona, hacia el límite de la provincia de Guadalajara, es donde los horizontes geognósticos del grupo de las calizas adquieren mayor desarrollo. La caliza con intercalaciones margosas constituye un tramo constante y forma un conjunto de bancos en la base, cuyo espesor alcanza en algunos parajes hasta 22 metros; sobre estas calizas descansa una serie heterogénea de arcillas rojas, margas y arenas en capas muy irregulares que en junto llegan á sumar 34 metros de grueso; viene luego encima una bancada de calizas de un par de metros, y sobre ésta se repiten las arcillas, margas y arenas con algunas intercalaciones de lechos calizos. De suerte que, en conjunto, el espesor de la división superior de la formación de agua dulce, con su desarrollo máximo, puede estimarse en algo más de 60 metros.

La división media ó de las arcillas, margas y yesos, asoma por debajo de las calizas en las vertientes á los ríos y arroyos, constituyendo las laderas de los valles, salvo en la parte occidental de la región que se describe, donde los derrumbios han arrastrado las rocas de la división superior, quedando al descubierto en la superficie las de la división media del mioceno.

Su composición petrográfica es muy variable, según los parajes; pero siempre predominan las rocas impermeables, arcillas, margas, areniscas arcillosas muy friables, y frecuentemente el yeso, bien en capas de aljez, bien impregnando las areniscas y arcillas, ó ya en cristales sueltos de selenita. En algunos puntos se intercalan lechos arenosos, y no faltan dentro de la división que nos ocupa algunas zonas con sales sódicas y magnesianas solubles, que contribuyen principalmente á la mineralización de determinados manantiales medicinales de conocida fama en el país.

El espesor de esta división media del terciario excede con mucho al de la superior. En los abarrancados tajos de la izquierda del Henares, por la parte de los Santos de la Humosa, hay 251 metros de desnivel entre el río y la iglesia del pueblo, que está edificada sobre las calizas; y si descontamos el espesor correspondiente á éstas, nos

resulta que el de las arcillas excede de 200 metros, ya que por debajo del río continúan las mismas rocas.

Hemos dicho anteriormente que la formación diluvial del terreno cuaternario ocupa porción pequeña en la región occidental de la zona encomendada á nuestro estudio, y que forma parte de la gran mancha sabulosa de Madrid. Este terreno ha sido objeto de especiales investigaciones por parte de nuestros compañeros, y nos parece innecesario repetir aquí lo que se consigna en sus Memorias respectivas, puesto que el terreno diluvial cuaternario tiene en toda la región los mismos caracteres en composición petrográfica y estratigráfica.

Por lo que concierne á los depósitos de acarreo de la época moderna, ya queda indicado que se presentan en la parte llana ó fondo de las vegas de los ríos y arroyos actuales, con aluviones, que, según sean las condiciones topográficas, permanecen cerca de las madres ó se extienden y apartan de ellas, formando amplias llanuras comprendidas entre cerros terciarios ó lomas diluviales.

Las vegas de los ríos principales procedentes de la sierra son de suelo guijarreo, en que la glera alterna con arenas y arcillas, donde por rareza hay algunos cantos rodados.

Terminada con esto la reseña geológica de la comarca, veamos ahora cómo se relaciona su hidrología subterránea con la constitución del subsuelo.

Sabido es que las aguas de lluvia que caen sobre una región determinada, se distribuyen en la forma siguiente: una parte discurre por la superficie, otra se pierde por evaporación y el resto penetra en el suelo en proporción variable, según las condiciones topográficas y la naturaleza más ó menos permeable del terreno. Lo último ha de ser el objeto de nuestro estudio; y para realizarlo, comenzaremos por explicar la manera como se hace la penetración del agua de los hidrometeoros á través de los diferentes terrenos que constituyen la comarca.

La división superior del terreno terciario mioceno ofrece interés manifiesto, considerada desde el punto de vista de la hidrología subterránea. Hemos visto que cuando aquella división se presenta más completa, está formada por una serie de bancos calizos hacia la base, y encima de ellos un conjunto de arcillas, arenas y margas que forman una masa permeable: el agua impregna en esta masa las capas arenosas que, en estratificación irregular y confusa, se intercalan á

diferentes niveles; pasa de unas á otras á través de innumerables grietecillas, y llega hasta las calizas de la base.

Estas son de masa impermeable; pero además de ser frecuentemente cavernosas, están cruzadas por redes de grietas que permiten el paso del agua fácilmente; de suerte que, en definitiva, constituyen un horizonte petrográfico en extremo permeable.

Alcanzan así las aguas la división media del terciario, y en ella se detienen porque las arcillas y yesos que principalmente la componen son rocas casi en absoluto impermeables. Mas al contacto de los yesos y también de las sales magnesianas que suelen ser su cortejo, disuelven estas sustancias, á veces en tan crecida proporción, que resultan completamente impotables; y esta alteración en la naturaleza de las aguas se observa, sobre todo, cuando han llegado á penetrar dentro de la división, bien al través de alguna grieta, ó por impregnación de ciertas capas arenosas que en ocasiones se encuentran intercaladas.

Recuérdese ahora que los lechos de estratificación de las capas miocenas en Castilla la Nueva no son perfectamente planos, sino que ofrecen depresiones y relieves, siquiera imperceptibles, en relación con las desigualdades de la superficie; téngase, además, en cuenta la repartición topográfica local del terreno en cuestión, con la división superior ocupando las mesetas, y la media al descubierto en los declivos de los valles, de manera que en ellos se manifiesta claramente el contacto entre las dos divisiones, y así podremos formar juicio preciso acerca de la marcha de las aguas en su circulación subterránea.

Luego que han penetrado en las rocas de la división superior, discurren lentamente al través de ellas, dirigiéndose hacia los fondos de los pliegues subterráneos, y detenidas por las arcillas impermeables de la división media, forman corrientes interiores para asomar á la superficie en manantiales, frecuentemente copiosos. Así se explica el que las fuentes más abundantes se encuentren en el nacimiento de los arroyos y barranqueras; el que sus aguas estén siempre más ó menos cargadas de sales cálcicas, y el que broten á temperatura constante, que corresponde ó excede á la media de la comarca, indicando que para ello han alcanzado profundidad suficiente.

Puede ocurrir también que alguna de las depresiones subterráneas tenga forma de cuenca cerrada, y en tal caso, como las aguas no

tendrán salida, permanecerán formando depósitos interiores cuya existencia y situación puede á las veces conjeturarse después de muy detenido examen del terreno.

En los valles poco profundos, donde los derrubios no han alcanzado á todo el tramo de calizas, suelen presentarse fuentecillas, frecuentemente temporeras, que nacen en las arcillas y arenas accidentales en esta parte de la formación, y no es raro el ver brotar manantiales semejantes entre los mismos bancos calizos.

Por lo demás, es evidente que la división superior del mioceno constituye un horizonte acuifero donde, á diferentes niveles y á profundidades distintas, según el relieve del suelo, podrán alcanzarse las aguas por medio de pozos, y debe suponerse también, y así parecen comprobarlo la observación y la experiencia, que los veneros más copiosos y de mejores aguas habrán de encontrarse hacia las vaguadas de las corrientes interiores.

En lo que se refiere á las aguas subterráneas dentro de la división media del mioceno lacustre, compuesta, como hemos visto, casi exclusivamente por rocas impermeables, se comprende desde luego que no han de encontrarse en ella manantiales de importancia, y que los que existan serán generalmente selenitosos. Las aguas penetran en esta división á través de grietecillas de las capas impermeables saturando algunos lechos arenosos que forman niveles acuiferos, los cuales, en ciertas localidades de la región occidental de la zona, se buscan con pozos.

Los sedimentos de aluvión acumulados en el fondo de los valles por las corrientes actuales, además de absorber directamente las aguas de lluvia, recogen las que afluyen de las vertientes; y como el fondo de los cauces está formado por capas impermeables de la división media del terciario, resulta que al contacto con este terreno se forman mantos de agua que lentamente discurren á través de los intersticios de la masa detrítica aluvial, y que son fácilmente accesibles con pozos someros.

Así es como se realiza, á nuestro entender, la circulación subterránea de las aguas dentro de la comarca en estudio, y trataremos ahora de deducir algunas conclusiones de carácter práctico con el auxilio de los datos que se consignan á continuación.

II

DATOS LOCALES

Comenzaremos nuestra reseña de datos hidrológicos por la región occidental y más alta de la zona.

Santorcaz.

La villa está dividida en dos barrios, el alto y el bajo, situados ambos sobre las rocas de la división superior del terciario mioceno. El barrio alto se asienta en los bancos calizos de la parte alta de la división; el bajo en las arcillas y margas infrayacentes, y á nivel inferior, ya fuera del poblado, asoman los bancos de caliza de la base del tramo.

En el contacto de estas calizas con las arcillas y yesos de la división media del sistema mioceno brotan tres fuentes, que son las que surten al pueblo. La más próxima dista unos 200 metros de las primeras casas, se denomina *El caño alto chico*, y tiene un caudal de unos 0'35 litros por segundo, y á 41 metros al NO. de esta fuente se encuentra la del *Caño alto*, con aforo de 22 litros por minuto. Las dos fuentes mencionadas dan agua gorda, que se emplea para los ganados, y están dispuestas convenientemente para el objeto; los manantiales están inmediatos á las fuentes; pero las aguas se recogen muy imperfectamente, perdiéndose en pequeños surgideros que brotan en los alrededores.

Frente al *Caño alto*, por el S., y al lado opuesto de la carretera, nace otra fuentecilla, sin importancia, que denominan *La pocilla*.

La fuente que se utiliza en el pueblo para beber está á 160 metros al N. del *Caño alto*, y da ordinariamente dos y medio litros por segundo, y el agua, aunque algo gorda, es, sin embargo, perfectamente potable.

Estas fuentes son de régimen permanente, y apenas se advierte diferencia en su caudal en las diferentes estaciones del año. Las aforamos en Agosto de 1905 y dieron, en conjunto, 3'347 litros por segundo á la temperatura de 15° centígrados.

Los ensayos hidrotimétricos de los manantiales en cuestión nos dieron el resultado siguiente:

Caño alto chico	84°
Caño alto	64°
Fuente	56°

Como á 120 metros de distancia al N. de la fuente principal de Santorcaz, en el nacimiento del arroyo de Anchuelo, brotan también debajo de las calizas varios manantiales permanentes, con caudal que se aproxima al de las fuentes de la villa; las aguas son semejantes, pero no se recogen ni aprovechan, y van á perderse á corta distancia en la dehesa del pueblo.

De calidad algo mejor que la de estas fuentes, si bien de corto caudal, es el agua de la denominada del *Carrascal*, en el camino de Anchuelo, puesto que su ensayo nos marcó 54° hidrotimétricos.

En los arroyaderos poco profundos que surcan la masa de arcillas, margas y arenas superpuestas á las calizas de la base, sin penetrar hasta ellas, se encuentran diseminadas dentro del término municipal varias fuentecillas de poco caudal que suelen manar durante los veranos aun en los años muy secos, y es de notar que en el mismo horizonte geológico á que nos referimos y en períodos de lluvias abundantes, nacen además otros manantiales que sólo corren breve tiempo.

Los pozos de Santorcaz, á excepción de uno situado en el patio del antiguo y arruinado palacio-fortaleza, recogen sus aguas en la zona alta de la división superior de la formación; pero el del palacio, muy apartado de los otros, debe alcanzar el tramo de las arcillas y margas á juzgar por su profundidad, mientras que los del pueblo, más ó menos someros, están distribuidos en una zona de 280 metros de largo por 150 de ancho, siguiendo una depresión del terreno que termina en *El caño alto chico*.

He aquí una relación de estos pozos, comenzando por el situado á mayor altura, en la que constan la profundidad, altura de agua, caudal de algunos en el estiaje y la temperatura y condiciones de las aguas:

NOMBRE DE LOS POZOS	Profundidad. Metros.	Altura de agua. Metros.	Caudal.	Temperatura del agua en grados centígrados.	Grados hidrotimétricos.	OBSERVACIONES
Noria de Balbino	9'90	2'45	4'4 litros.	14° C.	58°	Agua potable que se utiliza para el riego por medio de noria.
El Escañó	9'45	4'59	Abundante.	14° C.	50°	Agua potable.
Pozo de Polonia Martínez	8'98	3'08	Idem.	14° C.	58°	Agua potable.
de Rosa	7'02	4'94	Regular.	15° C.	90°	Agua salobre im potable.
de Ildelfonso Anchuelo.	7'55	2'69	Escaso.	15° C.	94°	Agua cruda no potable.
de D. Niceto	8'54	0'15	Idem.	15° C.	140°	Agua muy gorda.
de D. Antonio	7'35	0'40	Idem.	14° C.	98°	Agua cruda im potable.
de Tomás Calzada	8'10	0'60	Idem.	14° C.	100°	Agua salobre que se seca algunos veranos.
de Bernardino Doncel	6'44	2'59	Abundante.	14° C.	92°	Agua cruda é im potable.
de Modesta Casanova	7'31	1'16	Regular.	14° C.	96°	Agua salobre que se seca algunos años.
de Paula García	7'87	1'05	Abundante.	14° C.	89°	Agua gorda que brota entre asperón.
de Salustiano Iraola	8'05	1'55	Idem.	14° C.	88°	Agua gorda. Varía poco el nivel con las estaciones.
de Guillermo García	9'65	0'87	Escaso.	14° C.	89°	Agua gorda que aumenta en invierno.
de D. Ramón Salazar	8'32	2'90	0'3,4 litros.	14° C.	88°	Agua algo salobre.
del Casino	8'33	1'68	0'6,4 litros.	14° C.	88°	Agua gorda.
de Julian Mínguez	3'25	0'33	0'4,1 litros.	14° C.	90°	Agua salobre.
de Bautista	7'48	0'68	0'4,1 litros.	14° C.	104°	Agua muy cruda.
de Julián el Hortelano.	5'15	0'85	0'005,4 litros.	14° C.	88°	Agua salobre.
de Teresa Rivillo	3'87	1'47	Abundante.	14° C.	90°	Agua cruda que rebosa en invierno.

NOMBRE DE LOS POZOS	Profundidad. — Metros.	Altura de agua. — Metros.	Caudal.	Temperatura del agua. en grados centí- grados.	Grados hidrotimé- tricos.	OBSERVACIONES
Pozo de Francisco García...	6'27	1'32	Abundante.	14° C.	58°	Agua gorda potable.
— de Eustaquio García...	6'28	1'50	Idem.	14° C.	62°	Agua potable algo más gorda que la del anterior, dista de él 6'27 metros.
— de Braulio de la Cava...	0'60	0'60	0'1,4 litros.	15° C.		Agua muy salobre, purgante, que nace en una bodega abierta en arcilla roja. El líquido brota en tierra arenosa con nodulos de pedernal en el fondo.
— de Marcelino Salamanca	9'25	2'25	Idem.	15° C.	70°	Agua gorda potable, á nivel casi invariable.
— de Tomás Calzada...	10'15	2'00	Abundante.	14° C.	80°	Agua cruda, á nivel casi invariable.
— de Inocente...	8'60	0'15	Muy escaso.	14° C.	100°	Agua salobre que suele secarse en verano.
— de Benigno...	9'43	0'91	Escaso.	14° C.	96°	Agua salobre.
— de Andrés Sancha...	8'00	2'25	Idem.	15° C.	92°	Agua salobre.
— de Cirilo Sancha...	8'63	1'50	0'05,4 litros.	13° C.	101°	Agua muy cruda.
— de Josefa...	8'05	1'00	Abundante.	14° C.	98°	Agua cruda.
— de D. Casido del Pozo.	7'70	»	»	»		El fondo de este pozo está obstruido por escombros. En invierno tiene agua.
— de Petra...	9'15	2'85	Escaso.	16° C.	105°	Agua salobre y turbia, de olor sulfuroso.
— de Román Anchuelo...	8'10	0'90	Idem.	14° C.	96°	Agua gorda.
— de Palacio...	32'00	»	Abundante.	»		Tiene muchos escombros. El agua era potable.

De esta relación se deduce que la profundidad media de los pozos es de unos 7 metros; que los más abundantes dan en estiaje de 4 á 5 litros por minuto; que las aguas son siempre gordas, aunque en algunos potables, y que casi todos crecen en caudal considerablemente en invierno.

Debe además observarse que el nivel freático de los pozos abiertos en lo alto del pueblo tiene mayor cota que las calles de la parte baja de la villa; de suerte que podrían recogerse aquellas aguas por galería para obtener una fuente en paraje á propósito.

Anchuelo.

Los vecinos de Anchuelo, pueblecito próximo á Santorcaz, edificado en un barranco de arcillas yesíferas de la división media del terciario, se surten de una fuente que nace á corta distancia en la parte alta del barranco, por debajo de las calizas de la base de la división superior. Da esta fuente 1'3 litros por segundo, y sus aguas son potables, aunque gordas.

Próxima á la anterior, por el O., se encuentra otra que da hasta cuatro litros por minuto; pero hay en los alrededores algunas filtraciones que indican sería fácil recoger mejor las aguas y aumentar el caudal aprovechado.

El agua de la fuente del *Robledal*, entre Anchuelo y Santorcaz, tiene fama de ser de las mejores de la comarca, y así lo ha confirmado el ensayo hidrotimétrico que de ella hicimos, resultando tener 51°.

En Anchuelo no hay pozos; las aguas se conducen por cañería desde el manadero al pueblo.

El arroyo de Anchuelo, que, como hemos dicho, nace en el término de Santorcaz, no lleva agua en estiaje más que en la parte baja de su curso; pero desde los nacaderos la absorben los aluviones en cantidad relativamente importante. Pudo esto comprobarse hace tres años en una tierra propiedad del médico D. José Saleta, quien intentó abrir un pozo para el riego, encontrando tal cantidad de agua á los tres metros de profundidad, que no fué posible terminar la obra por no bastar para el desagüe una bomba de mano, único elemento de que se disponía.

Corpa.

El término de este pueblo es de los más abundantes en aguas en la región alta de nuestra zona. Los manantiales más copiosos están en el origen del arroyo de Pantueña, á dos kilómetros al O. de Corpa. Nacen por debajo de las calizas de la base de la división superior del terciario mioceno en las dos vertientes de un barranco por cuyo fondo circula el mencionado arroyo; en la derecha se encuentra la *Fuente nueva*, con 1'85 litros por segundo, cuyas aguas se utilizan para el riego de una huerta; otra fuente de caudal semejante brota en la vertiente derecha, y sus aguas pudieran servir para regar los predios más bajos; pero están en propiedad particular y se elevan con una noria para emplearlas en una huerta más alta que la fuente. Otros veneros nacen en el Pantueña y el caudal se suma al de los anteriores, viniendo á resultar que entre todos, en el mes de Agosto último, daban 7'53 litros por segundo; pero este volumen aumenta considerablemente y hasta llega á duplicarse en los inviernos lluviosos.

El pueblo de Corpa está asentado sobre las calizas miocenas, en un barranco afluente del Pantueña; por debajo de estas calizas, cerca de la iglesia, y á la derecha del *Arroyo de los huertos*, se encuentra la *Fuente nueva*, con 8 litros por minuto. A la izquierda, y cerca del origen del arroyo, está la *Fuente vieja*, con tres caños que, en conjunto, daban en Agosto último 3'80 litros por segundo. Las aguas vienen de manantiales situados en los montes próximos, y proceden de las calizas. En estos mismos montes, y siempre en el horizonte de las calizas, nacen otras fuentes, entre las que mencionaremos la *Tejera*, en la raya del Toconal, con 0'60 litros por segundo; la *Hontanilla*, de caudal algo menor, y la *Pesquera*, más escasa todavía, hasta el punto de que se ha secado algún verano.

En el pueblo de Corpa no hay más que un pozo.

Todas las aguas del término municipal de que se trata son más ó menos gordas, y por lo general potables.

Santos de la Humosa.

Se surten en este pueblo de tres fuentes situadas al S. de las casas, á niveles distintos y próximas entre sí: la más baja nace en el contacto de las consabidas calizas, con las arcillas y yesos inferiores; las otras fuentes brotan algo más altas en las rocas de la división superior.

Loeches.

Como á cuatro kilómetros al S. de la villa de Loeches, en el paraje «Alameda cerrada,» se recogen las aguas de una fuente que nace en la base de las calizas de la división superior terciaria y se conducen hasta el pueblo por una cañería en muy mal estado. Repártense estas aguas por igual entre una fuente situada en la Plaza pública y un convento de monjas Carmelitas, y puede estimarse el caudal de las aguas que llegan al pueblo en unos 55 litros por minuto.

Los pozos existentes en Loeches están en la división de las arcillas y yesos, y al abrirlos se corta primeramente una zona gredosa, luego arcillas envolviendo cristales de yeso, y después una masa de yeso compacto con algunas grietas que dan paso á las aguas. Y es de observar que al tropezar los poceros con semejantes grietas, y antes de ver salir por ellas el agua, suelen advertir un ruido especial ocasionado, sin duda, por la salida de un gas, que probablemente no será otra cosa más que aire comprimido por la columna de agua subterránea.

Nada queremos decir ahora del famoso venero medicinal de este pueblo, pues no es más que el avenado en un pozo existente en el sitio llamado Valdelacueva.

Colmenar de Oreja.

Está situado en una mesa de calizas miocenas que limita una espaciosa vega de 50 kilómetros cuadrados. De cinco manantiales se surte la villa, que nacen todos en las calizas terciarias, y se conducen á las fuentes siguientes: la del *Pozo Altura*, que viene de un

quilómetro de distancia al O., y la de *Valdespinar*, de dos kilómetros al NE.: ambas son de caudal escaso, y algo gordas sus aguas, pero potables. Hay además otras tres fuentes de agua gorda que no se bebe: la de los *Huertos*, la de *Pajaritas* y la del *Barranco*.

Todos los pozos de Colmenar tienen el agua muy salobre: los que están en la parte más alta del pueblo tienen unos 35 metros de profundidad; los de la parte baja son menos hondos, encontrándose el agua entre los 16 y 20 metros. Unos y otros están abiertos en la división superior del terciario, y, por lo general, son poco abundantes en agua.

Villaconejos.

El pueblo está edificado sobre las arcillas con yesos de la división media del terciario mioceno de agua dulce. Se utiliza para el uso del vecindario una fuente sita en el camino de Colmenar de Oreja, cuyas aguas surgen á borbotones entre las calizas, y son buenas, aunque algo gordas. Derivanse además las aguas de esta fuente para el riego de la huerta de Villaconejos, famosa por sus hortalizas y frutas.

Los pozos de Villaconejos tienen poca profundidad, y su agua es siempre salobre. En la plazuela detrás de la iglesia hay un pozo público de 3^m'58 de profundidad con 58 centímetros de agua mala á 15° c. Algo más profundo, puesto que alcanza 10^m'50 con espesor de agua de 1^m'40, es el pozo de la casa de la cabrera María Rehoz: el agua está también á 15° c. y no es muy salobre. En la carretera de Chinchón á Villaconejos, inmediato al quilómetro 4, hay un pozo de 10^m'30 de profundidad con 4^m'38 de agua.

Chinchón.

Está situada la villa en el extremo de una mesa que derrubida ha dado lugar lugar á un valle que ensancha hacia Villaconejos, y los vecinos tienen para el consumo cuatro fuentes: dos en la Plaza, una en la plazuela del Convento y otra en la calle de los Huertos, llamada *Fuentequilla*, que da 0'12 litros por segundo; las dos últimas son las de mejor agua. Fuera del pueblo, un quilómetro al N., en el paraje Valdezarza, hay tres, de ellas dos de agua potable, y un qui-

lómetro al E. de Valquejigosa, se encuentran dos, una de agua mejor que la otra. Los manantiales están todos en calizas, y son de aguas bastante gordas.

Los pozos en Chinchón son frecuentes: existen seis ó siete públicos con agua salobre que se alcanza á 20 ó 30 metros de profundidad. Por debajo del Convento de monjas hay en un tejár un pozo de siete metros de profundidad con 40 centímetros de agua, escasa y mala; está abierto en tierra margosa con cantos.

Morata de Tajuña.

En la vega del Jarama está situada la población, muy inmediata á los cerros terciarios coronados por las calizas de la división superior. La fuente del pueblo, denominada *Rigada*, se surte de un manantial que brota dos quilómetros al N. entre guijarros y arenas; su caudal, que es permanente, se regula en tres reales fontaneros (1), y se recoge en el depósito de la Concepción, situado á las inmediaciones del pueblo. El agua es delgada y de buena calidad, como procedente del terreno cuaternario. Otra fuente, denominada *La Gordada*, se surte de un manantial permanente, situado á 500 metros al N. del pueblo en las calizas: el agua es abundante y algo cruda, aunque potable. Entre estos dos manantiales, y en propiedad del Marqués de Torneros, se encuentran otros cuatro, también abundantes y de régimen casi permanente.

Unos doce pozos hay en el pueblo de Morata, abiertos todos hacia la parte de la estación del ferrocarril. Los sitios en los parajes más bajos están en el terreno terciario; tienen de 20 á 50 metros de profundidad, y las aguas son salobres, mientras que los altos, abiertos en el cuaternario, las tienen someras y potables. Citaremos como ejemplos: el pozo de *Pedro*, situado en el extremo del pueblo, cerca de la estación, que está abierto en terreno aluvial arcilloso con guijas, siendo su profundidad total 6^m'40 y la altura de agua 0^m'47; el agua de este pozo es de buena calidad, y su temperatura 18° c. El pozo de la casa del *Alcalde* cortó al abrirle, primero terreno de arcillas con pedernales, y después todo de yesos, es decir, la divi-

(1) Unos seis litros por minuto.

sión media del mioceno lacustre. Su profundidad es de 20 metros, de los que ocho ó nueve son de agua siempre templada, algo termal al parecer, muy salobre y mala de beber.

Arganda.

En el comienzo de un valle que vierte al Jarama se encuentra la villa, edificada sobre las arcillas yesíferas de la división media terciaria, y sobre estas rocas aparecen á corta distancia en la parte alta del valle las calizas de la división superior. En el contacto de estas dos divisiones nacen los manantiales de que se sirve el pueblo, y sus aguas se conducen por tubería á las fuentes siguientes: *Fuente Nueva*, con seis caños; *Fuente del Pilar*, con cuatro, y *Fuente de Leganitos*, con tres; pudiendo estimarse en unos siete litros por segundo el gasto total de estas fuentes, cuyas aguas son potables, aunque crudas.

En los aluviones del valle se encuentran también aguas que se utilizan para el riego de algunas huertas: en la de Agustina hay un pozo de 8^m05, en el que se encontró el agua á los 4^m76, después de atravesar una capa de cascajo y otra de arcilla; es potable, pero bastante gorda; se extrae con noria, y apenas basta para regar la huerta, cuya extensión es de una fanega.

Dentro de Arganda hay algunos pozos abiertos en las arcillas yesíferas miocenas, entre los que mencionaremos uno en la casa de Don Luis Sardinero, en la parte alta del pueblo, que tiene 16^m30 de profundidad y 2^o55 de agua impotable, muy cruda, á 15° c. de temperatura; y otro en la tahona de la Plaza, de 5^m70 y 0^m35, de agua muy gorda á 16° de temperatura, impotable y abundante.

Aranjuez.

Rodeado de colinas terciarias, este Real Sitio ocupa un dilatado valle de aluvión á la izquierda del Tajo. El agua potable procede de manantiales que nacen en el terreno terciario del término de Ocaña, y se conducen por cañería hasta las fuentes que están situadas en la plaza de San Antonio, Mayor, de Abastos y la Reina: el agua en cuestión es gorda y no cuece bien las legumbres.

Muchas de las casas de Aranjuez tienen pozos que atraviesan el

terreno aluvial, hasta que encuentran el fondo entre arcillas; su profundidad media es de 15 metros, y dan agua salobre. Algún pozo hay con agua muy somera que se filtra del cauce del río, al través del terreno de aluvión, y es bastante fina.

Titulcia.

En el límite de una vega á la margen izquierda del Jarama se encuentra el pueblecito, donde los vecinos usan para beber el agua de un pozo producto de las filtraciones del río, puesto que sube su nivel con las crecidas; la profundidad del pozo es de seis metros con dos de agua. En algunas casas hay pozos, los más con agua salobre, y en pocos potable; su profundidad varía entre 8 y 16 metros.

Ciempozuelos.

Está situado en una loma de la derecha del Jarama, formada por las margas y yesos de la división media del mioceno. Tiene una fuente en la plaza de Ventura Rodríguez, con cuatro caños de 25 milímetros de diámetro. El agua es algo gorda, y procede de un minado hecho en el paraje *La Hontanilla*, del término de Torrejón de Velasco, á 15 kilómetros de Ciempozuelos, abierto entre las tierras arenosas diluviales, siendo abundante el caudal.

En casi todas las casas de Ciempozuelos existen pozos con profundidad de 8 á 16 metros, con aguas salobres y mediano caudal.

Valdemoro.

En una loma terciaria, con terreno diluvial muy próximo, se halla fundado el pueblo, donde diferentes fuentes se abastecen con aguas recogidas en un barranco situado á un kilómetro al SO. de la población, y traídas por medio de minas hechas en el terreno terciario. Recógense además las aguas de una cañada entre los caminos á Píñillos y Torrejón, donde son abundantes.

También en el paraje llamado Santiago, á dos kilómetros y medio de Valdemoro, hay un manantial de buen agua, aunque escasa.

Los pozos son frecuentes en la villa: en algunos de la parte baja del pueblo se encuentra agua potable á poco más de un metro de profundidad, en otros á cinco ó seis metros, mientras que en la parte alta no se alcanza hasta los 20 metros, siendo el líquido de mediana calidad y no muy abundante.

En la estación del ferrocarril, que está un quilómetro al E. del pueblo, hay dos pozos de 16 metros de profundidad con agua salobre.

San Miguel de la Vega.

Situado este pueblo en los aluviones del Jarama, tiene una fuente de dos caños de tres centímetros de diámetro, por los que sale el líquido á boca llena: se toman las aguas de esta fuente á un quilómetro al E. de la población, en la entrada del Soto, donde brotan en terreno de guijos. Hay otros varios manantiales al O. del pueblo, principalmente el que nace en el paraje nombrado Espartinas, de terreno yesoso: su agua, salobre, sirvió antiguamente para regar los terrenos comprendidos entre los cerros y el caz del Jarama.

Más de la mitad de las casas de San Martín de la Vega tienen pozos con agua salobre á siete ú ocho metros de profundidad, siendo de notar que en invierno es más escasa que en verano. La temperatura del agua de estos pozos es 16° c., y el terreno es de aluvión, con cantos rodados gruesos.

Pinto.

Las aguas que surten al pueblo proceden de una cuenquecita situada en la parte occidental, como á dos quilómetros de distancia. Nacen en el contacto de los terrenos terciario y cuaternario, y son abundantes.

Casi todas las casas de Pinto tienen pozo, con agua más ó menos gorda, á profundidad variable entre dos y siete metros.

Gózquez de Abajo y Gózquez de Arriba constituyen una finca de vega y monte, no lejos de Pinto, donde brota una fuente, denominada del *Espino*, de agua cruda, aunque potable, y además se encuentra allí un pozo, llamado de la *Gitana*, con agua bastante mala.

Parla.

Este pueblo está próximo al contacto de los terrenos diluvial y mioceno; tiene una fuente cuya agua se toma á un quilómetro al NO. del pueblo, en terreno arenoso. Su caudal es casi nulo en verano. En casi todas las casas hay pozo de agua potable: su profundidad varia de tres á cuatro metros, aunque los hay también de 12, 15 y 20 metros; están abiertos en terreno arenoso, y dan aguas bastante buenas. Por la parte N. del pueblo está el agua muy somera, y pudiera alumbrarse con una mina para surtir mejor al vecindario.

Al Mediodía del pueblo, en el paraje Humanejos, brota un manantial cuyas aguas forman arroyo y se utilizan para el riego de una huerta.

Frente á la estación de Parla hay un pozo abierto en el terreno terciario, con agua bastante gorda y profundidad de siete metros.

Getafe.

En el pueblo de que hablamos existen tres fuentes, con agua comparable á la de los antiguos viajes de Madrid; surten con deficiencia al pueblo, y proceden de un minado en terreno arenoso diluvial del cerro de Buenavista, que está á dos quilómetros al O. del pueblo.

Edificado éste en el terreno terciario yesoso, dan sus pozos aguas muy salobres é impropias aun para riegos. La profundidad media de estos pozos es de 10 metros; pero hacia el O. del pueblo el terreno es ya arenoso, los pozos dan mejor agua, su profundidad varia entre cuatro y 25 metros, pero siempre son bastante escasos.

Al S. de Getafe, hacia el confín de su término con el de Pinto, se intentó abrir un pozo, encontrándose aguas, al parecer, ascendentes y muy abundantes, viéndose obligados á suspender el trabajo por falta de elementos para el desagüe.

Perales del Río.

Sobre el terreno de aluvión del Manzanares se halla este pueblo, anejo de Getafe: tiene una fuentecita que brota unos 700 metros al SE., desde donde se conduce al caserío con una cañería. Esta fuente se seca en verano, y su agua es fina.

A unos 1300 metros al NO. del pueblo hay un pozo en terreno arenoso, con agua muy somera y abundante que se utiliza para beber, aunque es algo gorda. En la casa del Marqués de Perales existe un pozo bastante profundo, con agua abundante que se extrae con noria y se utiliza para los ganados y riegos.

Villaverde.

El pueblo está situado en terreno de aluvión, comprendido entre arcillas terciarias que se extienden por N. y S. Tiene una fuente cuyas aguas son finas, y proceden del O. hacia la parte de Leganés.

Dentro del pueblo no se encuentran pozos, ni se presenta agua en los parajes con tierra algo gredosa; pero sí la hay allí donde el terreno es arenoso, siendo muy somera, y utilizándose para el riego de algunos jardines.

Casarrubielos.

Es un pueblecito inmediato al límite de la provincia, con una fuente cuyas aguas proceden de un minado de 200 metros, y que se conducen por cañería á lo largo de la margen de un arroyo que viene de Carranque. Las aguas son finas, y proceden del terreno diluvial.

La mayor parte de las casas de este pueblo tienen pozo con agua potable á profundidad media de 10 metros.

Cubas.

Sobre el terreno diluvial é inmediato al terciario se encuentra el pueblecillo, donde hay una fuente de agua fina procedente de una charca próxima, entre los caminos á Parla y Griñón. Un manantial, llamado *Fuente del tejlar*, nace como á un kilómetro al O. del pueblo; otro en una propiedad entre los caminos dichos y á unos 300 metros de distancia, cuyas aguas sirven para regar como cuatro fanegas de tierra, y en el Convento de monjas de Santa Juana, á un kilómetro de Casarrubielos, hay otra fuente de aguas finas, pero muy escasas. Por fin, en una finca de Luis Casi, existe otra fuente abandonada.

En casi todas las casas del pueblo de Cubas hay pozo, siendo también frecuentes en el campo aledaño, muchos de ellos con noria y profundidad de 7 á 10 metros, dando aguas frescas y potables.

Torrejón de Velasco.

Está el pueblo situado también en el terreno diluvial, á 1200 metros de distancia del terciario por el E. y unos 1400 metros por el S. Tiene una fuente junto á la Plaza Mayor, que se llama de la *Salud*, y da unos 14 litros por minuto de agua buena, que nace á un kilómetro del pueblo en terreno arenoso. Otra fuente se encuentra á unos cuatro kilómetros al E., en terreno gredoso y más alto que la población; pero el agua es de peor calidad que la de la Plaza.

En casi todas las casas de Torrejón de Velasco hay pozo, cuya agua, en los años lluviosos, suele alcanzarse con la mano. En la parte N. están los menos hondos. El *Pozo del camino* tiene el agua á cinco metros y 60 centímetros, y en la casa colindante está á cuatro metros, habiendo 25 centímetros de agua.

En los parajes llamados *Los Pocillos*, al E. de Torrejón, y *La Pezueta*, al S., hay dos charcas de agua permanente.

Torrejoncillo.

Como á un kilómetro al SO. de Torrejón de la Calzada, ó Torrejoncillo, pueblo situado en el terreno diluvial, se encuentra la fuente llamada *La Peñuela*, que brota en terreno arenoso unos 10 metros más bajo que el pueblo, y se conduce con una cañería de 140 metros. El agua es muy buena, algo cárdena, cuece muy bien las legumbres, y aunque no es abundante, basta para el consumo local. Otro manantial se encuentra á kilómetro y medio de la población, en la escarpa de la derecha de la carretera de Madrid á Toledo; es de caudal escaso y de agua algo cruda.

En las casas y huertas de Torrejoncillo se encuentran pozos, unos en la parte alta y otros en la baja: en los primeros se halla el agua á los tres metros, y en los segundos no aparece hasta los 10 ó 15 metros y con aguas más gordas.

Griñón.

Está edificado sobre el terreno diluvial; la fuente del pueblo procede de un minado próximo de 40 á 50 metros de largo, siendo el agua escasa. Dentro del término, y como á un quilómetro de la población, se encuentra la fuente del *Carraperal*, con agua gorda potable, y la del *Villar*, que está en la parte alta del camino á Batres, como á dos quilómetros de Griñón, y sirve de abrevadero. En el camino á Parla, á medio quilómetro de las casas de Griñón, se halla la fuente *Santa*, con cuatro pilas para ganados.

En casi todas las casas de Griñón hay pozos de profundidad variable entre 7 y 12 metros: su agua es buena y potable.

Humanes de Madrid.

Sobre el terreno diluvial está este pueblo, donde hay una fuente cuyo caudal procede de un minado á unos 100 metros al O., con agua fina que cuece bien las legumbres. En el mismo término de Humanes, lindando con el de Fuenlabrada, nace otro manantial en las arenas cuaternarias, el cual sirve para el riego de una huerta, siendo el agua de buena calidad, pero escasa.

Los pozos en Humanes son muchos, de agua potable y fresca, á profundidades comprendidas entre 2 y 10 metros.

Fuenlabrada.

Es pueblo asentado sobre el diluvio y próximo al terciario, que aparece por el E. Tiene sólo dos fuentes para surtir á sus 900 vecinos. El manantial está como á 1400 metros al NO., en terreno arenoso. También en el prado Freaceros, cañada de los ganados, hay una abundante fuente con un caño de 40 centímetros de diámetro.

Los pozos son frecuentes, lo mismo dentro del pueblo de Fuenlabrada, donde se utilizan sus aguas para usos domésticos, que en los alrededores, donde suelen elevarse por medio de norias para el rie-

go. El agua de los primeros se encuentra á cuatro metros de profundidad, y algunas norias la sacan á dos ó tres metros. Todos los veneros procedentes del diluvio en este término son de buena calidad.

Leganés.

Este pueblo está situado, como los anteriores, en terreno diluvial, próximo al terciario, que se encuentra por el E. De las fuentes que hay en el pueblo, unas nacen en el paraje *Los Pinillos*, á dos quilómetros al N.; otras proceden de un viaje en el camino de Móstoles, y parte vienen del sitio nombrado *Molino de Viento*, distante un quilómetro. La fuente de la *Canaleja*, en la parte alta del arroyo Bustarque, es abundante, con gran caño, y está en el término de Villaverde dentro del terreno diluvial.

También es abundante otra en Polvoranca, despoblado anejo á Leganés.

Unos 50 pozos existen en Leganés, variando su profundidad entre límites bastante extensos: por lo general la hondura es de 10 á 12 metros, encontrándose los más profundos en la parte SO. del pueblo. Es notable por su abundancia uno situado en el cerro de Móstoles, á un quilómetro al O. de Leganés, cuyas aguas sería fácil derivar á zanja abierta.

Pudiéramos seguir consignando datos locales relativos á otros pueblos y parajes de la zona en estudio; pero con lo expuesto basta por ahora para formar juicio acerca de la hidrología subterránea local en cada uno de los terrenos ó formaciones geológicas.

III

CANALES

Terminada la relación de las observaciones locales correspondientes á la comarca cuyo estudio se nos ha encomendado, apuntados quedan los datos que servirán para el conocimiento de lo más esencial al sentar las bases fundamentales en ulteriores trabajos; mas antes de dar por terminada la tarea, parece pertinente y es de interés manifiesto, consignar aquí algunas noticias referentes á los riegos

de los ríos Henares y Tajuña, los cuales, como hemos visto, son las dos corrientes principales de la región, haciendo constar que lo esencial de lo ahora escrito figura en la segunda edición del *Tratado de aguas y riegos* publicado en 1884 por el Ingeniero de Montes D. Andrés Llauradó.

Riegos del Henares.

Empieza este río á acreditar su importancia para el riego en las tierras de Sigüenza y Jadraque, y ya en Humanes comienzan las magníficas vegas que después se extienden formando la renombrada campiña de Alcalá. No hubo de pasar inadvertida á la iniciativa particular, la posibilidad de emprender con fundadas esperanzas de favorable éxito, la canalización de las aguas del Henares para fertilizar tan excelentes terrenos, y en consecuencia, después de las gestiones y estudios correspondientes, una empresa, con el nombre de «Compañía ibérica de riegos,» obtuvo, con fecha de 28 de Enero de 1863, la concesión de un canal que había de desarrollarse por los términos de Humanes, Junquera, Fontanar, El Cañal, Marchamalo, Cabanillas, Alovera, Villanueva, Meco y Alcalá de Henares, de los cuales, los dos últimos pertenecen á la provincia de Madrid, y los restantes á la de Guadalajara, quedando además comprendida dentro de la zona regable toda la jurisdicción de Azuqueca en el territorio alcarreño.

El caudal del Henares, según aforos hechos en diferentes épocas, consta en el cuadro de la página siguiente.

Conforme los términos de la concesión del canal del Henares, debían derivarse tres metros cúbicos como máximo en el estiaje, y cinco en el resto del año, para regar una zona de 12857 hectáreas de extensión. En el trazado vertical, se comprendían 20 saltos de agua capaces de desarrollar el trabajo de 1454 caballos de vapor con el mismo caudal y hasta de 3653 en tiempos normales. La mayor pendiente de la solera se calculaba en 8 ó 10 milímetros por metro, sin pasar de 6 en la mayor parte de los casos, y por lo que concierne al rendimiento ó beneficio que debía reportar la empresa, se juzgó que, si la agricultura de la campiña de Alcalá podía soportar el canon de 344 reales por hectárea, se llegaría al ingreso anual de 3.956000 reales.

Construyóse, en efecto, el canal en las condiciones expuestas; pero desgraciadamente los gastos de ejecución excedieron con mucho á lo

CUADRO DE AFOROS DEL HENARES

SITIO DONDE SE HIZO EL AFORO	FECHA	VOLUMEN m ³ por l ^r
En el Serranillo, un cuarto de legua agua arriba de Guadalajara.....	23 de Julio de 1868.....	2'430
Agua arriba del puente, término de id.....	Idem id.....	1'795
Agua abajo de la confluencia del Sorbe.....	Agosto de 1865.....	3'212
Cerca de su origen.....	Idem id.....	0'212
En Sigüenza.....	Idem id.....	0'202
Agua abajo de la confluencia del Salado.....	Idem id.....	0'530
En Jadraque.....	Idem id.....	1'300
Agua abajo de la confluencia del Alcaudre.....	Idem id.....	2'268
Agua arriba del Sorbe.....	Idem id.....	2'250
En Guadalajara.....	Agosto de 1866.....	3'288
En Alcalá.....	Idem id.....	3'326
Cerca de su desembocadura en Mejorada del Campo.....	Idem id.....	3'318
Agua arriba de la confluencia del Sorbe.....	27 de Agosto de 1867.....	3'248
Cien metros más arriba de la barca de Torrejón de Ardoz.....	24 id. id.....	3'270
Agua abajo de la confluencia del Sorbe.....	Idem id. de 1868.....	0'982
A poca distancia agua abajo de la presa del canal.....	9 id. de 1869.....	15'994
Idem id.....	12 id. de 1870.....	1'635
Frente á Torrejón de Ardoz, agua abajo de la barca.....	Idem id.....	0'400
En su desembocadura. Aprovechadas todas las aguas.....	Estiaje.....	0'000

presupuesto, llegando á rebasar la suma de 19.000000 de reales, y como los progresos del riego no dieron al principio gran resultado y hubo que añadir la suma escasez de aguas durante algunos años, que redujo el volumen del canal á sólo 517 litros por segundo, cantidad apenas suficiente para el servicio de las antiguas acequias de Mejorada y Aldovea, la Compañía llegó á encontrarse en situación insostenible, que fué agravándose de tal suerte, que hoy el canal está punto menos que olvidado.

Riegos del Tajuña.

Conforme dice el Sr. Llauradó, el Tajuña es el río agrícola por excelencia de la cuenca general del Tajo, puesto que aprovecha todas las aguas en el riego de su hermosa vega. Las avenidas no suelen ocasionar grandes destrozos, pues fuera de la madre corren las aguas, encauzadas en acequias, á prestar eficaz y beneficioso concurso á la agricultura, regando las vegas de Ambite, Orusco, Carabaña, Tielmes, Perales, Morata, Chinchón y Bayona de Titulcia, aparte del importante papel que desempeñan como fuerza motriz de gran número de fábricas, molinos, batanes y artefactos establecidos en las orillas del río.

Las diferentes acequias que se derivan del Tajuña riegan las siguientes extensiones de terreno. En el término de Ambite 91 hectáreas, en el de Orusco 70, en el de Carabaña 570, en Tielmes 515, en el de Perales 214, en el de Morata 1358, en el de Chinchón 2583 y en el de Bayona de Titulcia 890, resultando así una superficie total de 7094 hectáreas regables.

Patente queda, con sólo el ejemplo de los riegos del Henares y Tajuña, dentro de la provincia de Madrid, que siempre que al aprovechamiento de una corriente cualquiera se atribuye mayor superficie regable de la que permite beneficiar la verdadera dotación de agua en estiaje, la empresa se malogra y arruina, pues ni hay suficiente caudal constante para utilizar lo proyectado, ni los regantes encuentran condiciones ventajosas, ni los gastos de construcción se reducen á lo indispensable, viniendo todo á destruir las esperanzas que proyectos de pura teoría hicieron concebir en un principio.

No olvidemos estas enseñanzas.

El caudal del Tajuña, según los aforos practicados en diferentes épocas, consta en el cuadro siguiente:

CUADRO DE AFOROS DEL TAJUNA

SITIO DONDE SE HIZO EL AFORO	FECHA	VOLUMEN m ³ por 1 ^o
Cerca de su origen, provincia de Guadalajara.....	1866.....	0'311
En Brihuega.....	Idem.....	3'442
En Abonadas.....	Idem.....	4'811
Después del arroyo Romanones.....	Idem.....	3'211
En Loranca.....	Idem.....	3'620
En Ambite.....	Idem.....	3'645
En Tielmes.....	Idem.....	2'896
En Morata.....	Idem.....	2'250
En la desembocadura, cerca de Titulcia.....	Idem.....	2'582
En la fábrica de papel de Nuestra Señora del Rosario.....	Septiembre de 1878.....	2'450
En la fábrica de harinas de Titulcia, término de Chinchón.....	Idem id.....	4'943
En la presa de Cantarrana.....	Noviembre de 1880.....	4'980
Compuerta del caz del Monte.....	Julio id.....	4'444
Presa del Salido.....	Idem id.....	3'745
Presa de los molinos de Chinchón.....	Idem id.....	2'027
Presa de la fábrica de harinas.....	Idem id.....	3'205
En el molino de Cantarrana.....	Idem de 1881.....	6'304
Caz del Monte.....	Idem id.....	6'762
Caz de Tielmes.....	Idem id.....	0'382
Caz de la Vega del Peral.....	Agosto id.....	0'092
Caz del Congosto.....	Idem id.....	0'156
Caz del Val de la Osa.....	Idem id.....	0'174
Caz de Piélagos.....	Idem id.....	0'047
Caz del Taray.....	Idem id.....	0'054

IV

AGUAS ARTESIANAS

Por las observaciones de diferentes geólogos que han estudiado las cuencas terciarias españolas, parece deducirse que no debe confiarse, de una manera general, en encontrar aguas artesianas entre sus estratos. Es necesario, sin embargo, hacer constar aquí que, según la autorizada opinión de D. Casiano de Prado, en la base del terreno terciario lacustre de la provincia de Madrid es probable que se hallen rocas detríticas ó areniscas blandas con disposición favorable para obtener aguas surgidoras.

Negativos han sido hasta el presente los resultados de los sondeos practicados con tal objeto en la provincia de Madrid; bien es verdad que casi se reducen á los que en 1829 se ejecutaron en el Campo del Moro, que sólo deben calificarse de insignificantes intentos, y el que en 1850 se practicó en el Pasaje de Matheu, llegando á 195 metros de profundidad sin haber conseguido atravesar las arcillas terciarias.

Es lamentable que cuestión de tanto interés esté todavía por resolver, con tanto más motivo cuanto que, aun en el supuesto de que dentro del terreno terciario no se encontraran aguas artesianas, ó 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 á mayor profundidad en las arcosas y arenas cretáceas, rocas que en la región han de reunir condiciones más á propósito que las terciarias para producir caudales de agua importantes.

No es, sin embargo, la capital madrileña el paraje más señalado á nuestro juicio para alcanzar por sondeo dentro de la provincia las capas terciarias y las cretáceas donde fundadamente se supone que pudieran existir aguas artesianas, sino que dentro de la zona encomendada á nuestro estudio hay una comarca en mejores condiciones, como vamos á ver seguidamente.

Hemos dicho ya que en el sondeo ejecutado en Madrid en el Pasaje de Matheu se llegó á 195 metros de profundidad sin haber conseguido atravesar las arcillas terciarias; pues bien: recordemos ahora

que toda la vertiente izquierda del Henares, desde antes de penetrar en la provincia, está formada por elevadas escarpas de estas mismas arcillas, cuyo espesor á la vista, frente á *Los Santos de la Humosa*, alcanza hasta 200 metros, y que encima se encuentran las calizas de la división superior que se alzan hasta 251 metros sobre el río.

Por otra parte, observaremos que, pasada la confluencia del Henares con el Jarama, en Vaciamadrid, el desnivel entre este punto, situado en las arcillas con yesos, y Arganda, donde comienzan las calizas, es de 100 metros, de suerte que la inclinación de las capas terciarias es mayor que la pendiente del río.

Circula éste, además, por el centro de una región comprendida entre los asomos cretáceos de los contrafuertes de la sierra de Guadarrama y los de la misma edad de la sierra de Altamira hacia el límite de Guadalajara y Cuenca, y es lo probable que las capas cretáceas se extiendan de unos á otros asomos, formando cuenca por debajo del terciario.

Teniendo, pues, en cuenta todas estas consideraciones, hay fundamento para afirmar que la vega del Henares, aguas abajo de Alcalá, es uno de los parajes indicados para practicar los sondeos en cuestión.

Por lo demás, aparte de la utilidad que la ejecución de estos sondeos reportaría para el conocimiento de la hidrología subterránea y del subsuelo de la región madrileña, pudieran también resultar muy beneficiosos para la agricultura, puesto que la vega de que se trata está formada por terrenos de excelente calidad.

V

CONCLUSIONES

Como consecuencia de nuestro trabajo, deducimos las conclusiones siguientes:

En el terreno terciario, el horizonte acuífero que ofrece mayor interés corresponde principalmente, al contacto de las calizas de la base de la división superior, con las arcillas y yesos de la división media.

En este contacto es donde se presentan las fuentes más abundan-

tes. Su caudal es muy variable, según las localidades; pero cuando por pertenecer al mismo cauce subterráneo brotan varias fuentes próximas entre sí, rara vez alcanza á siete ú ocho litros por segundo el total que arrojan.

El agua de tales fuentes es potable, se utiliza para el consumo de los pueblos y también para el riego de algunas parcelas de las vegas.

Por lo general, no tienen en los pueblos bien recogidas las aguas en su nacimiento, y, por consiguiente, pudiera conseguirse algún aumento en el caudal de las fuentes en cuestión, por medio de obras adecuadas al efecto. También podrían obtenerse nuevos manantiales con trabajos de alumbramiento en aquellos parajes donde los indicios exteriores comprueban la existencia de filtraciones que mantienen húmedo el suelo. Pero de todos modos, el resultado que se obtuviera en las obras de que se trata sólo representaría algunas ventajas locales sin importancia decisiva para el mejoramiento de la agricultura de la comarca en conjunto, donde también se utilizan por medio de pozos las aguas contenidas en la división terciaria superior, generalmente para usos domésticos y á veces para el riego de huertas.

Los preceptos que deben guiarnos para la apertura de pozos en el horizonte geológico de que se trata, son los siguientes:

Se elegirán, para establecerlos, los parajes más bajos á lo largo de las depresiones del terreno.

Podrán encontrarse las aguas á diferentes niveles, y con frecuencia á corta profundidad, dentro de la masa de arena y arcillas superpuesta á las calizas.

Hay probabilidades de aumentar el caudal de agua en estos pozos, continuando su profundidad hasta atravesar las calizas de la base y llegar á las arcillas, generalmente yesíferas, de la división media, en cuya roca se practicará la caldera del pozo.

En todos los casos podrá aumentarse la afluencia de las aguas á los pozos por medio de galerías ó minas.

En la división media del terreno terciario, las aguas son, por lo general, escasas y de mala calidad.

En el terreno diluvial se encuentran aguas subterráneas á diferentes niveles, siendo entre ellos el más constante, el correspondiente al contacto con el terciario. Son estas aguas, comunmente, más finas que las del terciario, se utilizan para el consumo de los pueblos

y también para el riego, extrayéndolas de los pozos frecuentemente por medio de norias.

Por cuanto se refiere á las mejoras que pudieran conseguirse en la limitada región que ocupa el diluvial en nuestra zona, nos atenemos á lo consignado por nuestros compañeros en sus Memorias respectivas, donde especialmente se trata del asunto.

El terreno moderno de acarreo, formado por los aluviones de las corrientes actuales, contiene aguas en condiciones semejantes á las del diluvial, sobre todo en su base, ó sea en el contacto con el terciario, donde las masas permeables de aluvión se encuentran, por decirlo así, formando depósitos en que el agua es subterránea pero á poca profundidad.

No carecen de importancia estas aguas desde el punto de vista de sus aplicaciones á la agricultura: en algunos parajes se utilizan para el riego por medio de pozos con norias; y ciertamente, si se tiene en cuenta que se hallan en el subsuelo de las vegas, cuyos terrenos agrícolas son, por lo general, de buena calidad; si se atiende además á que sería posible recogerlas en gran parte por medio de galerías y pozos convenientemente dispuestos, se comprenderá cuán interesante ha de ser el estudio detenido de las localidades que ofrecen condiciones adecuadas al objeto. De todas suertes, hay que tener presente que no es lo probable que así se obtengan grandes caudales que permitieran regar comarcas muy extensas; mas no por esto deben abandonarse como despreciables las aguas que nos ocupan, puesto que con ellas podrían transformarse en huertas y tierras de regadío muchas parcelas de excelente terreno cuya suerte hoy depende de lo que el cielo quiera conceder.

En cuanto se refiere á las aguas artesianas, cabe en lo posible que se encuentren en ciertas capas permeables pertenecientes á la división terciaria inferior, y es probable que en mayor abundancia en las arcosas y arenas cretáceas, siendo, á nuestro juicio, el paraje quizás más á propósito dentro de la provincia para llegar á estas capas por medio de la sonda, la región de la vega del Henares situada aguas arriba de Alcalá.

ESTUDIOS HIDRO-GEOLÓGICOS
PROVINCIA DE MADRID

ZONA ENTRE MADRID, SAN MARTÍN DE VALDEIGLESIAS
Y EL FERROCARRIL DE MADRID Á ALICANTE

TRABAJO DEL INGENIERO JEFE

SR. D. RAMÓN ADÁN DE YARZA

EXCMO. SR. DIRECTOR DEL MAPA GEOLÓGICO:

En cumplimiento de deber presento los siguientes apuntes referentes á la hidrología subterránea de la parte sudoccidental de la provincia de Madrid, debiendo manifestar que habiéndosenos asignado al Sr. Bentabol y al que suscribe el examen de la zona occidental comprendida entre los ferrocarriles del Norte y de Madrid á Alicante, con opción á verificar el estudio mancomunadamente ó á encargarnos cada uno de una sección, optamos por este último procedimiento, creyéndolo más rápido, no sin haber previamente realizado juntos algunas excursiones que nos permitieran formar un concepto general y un plan que seguir en nuestras investigaciones. La sección que al fin quedó á mi cargo es la más meridional, y limitada al Norte por la línea de Madrid, Villaviciosa y San Martín de Valdeiglesias; al Este por el ferrocarril de Madrid á Alicante; al Sur por los confines de la provincia de Toledo, y al Oeste por los de la provincia de Avila. Entre los pueblos comprendidos en estos límites se hallan Navalcarnero y Villaviciosa de Odón, en los cuales, por haber sido detenidamente visitados por el Sr. Mallada, he pasado yo casi de largo.

Tres partes hay que distinguir en el terreno por mí recorrido.

La primera y más occidental pertenece á la Sierra de Guadarrama.

ma, constituida con rocas graníticas y neísicas; la segunda ó intermedia corresponde á una formación cuaternaria ó diluvial, compuesta de materiales, por lo general, poco coherentes, originados por la disgregación y arrastre de las rocas graníticas de la Sierra; la tercera está representada por capas de la formación terciaria lacustre, generalmente muy poco desviadas de la posición horizontal, predominando entre ellas las arcillas, margas y yesos.

Procederé á consignar el resultado de mis observaciones en estas tres partes, siguiendo el orden que queda indicado.

I

GRANITO Y NEIS

El granito y el neis, no siempre de fácil distinción entre sí, son las únicas rocas que aparecen en la porción de la Sierra de Guadarrama que me ha correspondido examinar. Generalmente calificadas de impermeables, estas rocas no dan paso, ó lo dan en escasa proporción, á las precipitaciones hidro meteorológicas; de modo que el agua sólo las atraviesa merced á las grietas irregulares que suelen presentar. Cuando el suelo es bastante quebrado, como sucede en el caso presente, los derrubios de las rocas graníticas se acumulan en las depresiones y hondonadas, constituyendo depósitos de poco espesor y poca extensión. Las aguas llovedizas atraviesan estos depósitos de materiales poco coherentes, son detenidas por la roca inferior compacta y salen á la superficie en los puntos donde el contacto se halla á nivel más bajo. Por esto no escasean las fuentes en esta zona granítica; pero siendo muy reducida la superficie de infiltración que alimenta á cada una, el caudal es escaso y algunas llegan á agotarse en cuanto las sequías son algo prolongadas. No hay que esperar, por tanto, que haya en estos parajes cantidades importantes de agua acumuladas á poca distancia de la superficie, y sería también muy eventual su hallazgo al penetrar entre las rocas á profundidad considerable por medio de pozos ó galerías, pues en las comarcas de suelo quebrado y rocas compactas, más ó menos fisuradas, el nivel hidrostático, ó sea la superficie que separa la zona externa de aquélla en que las rocas están saturadas de humedad y con todos los intersticios llenos de agua, suele hallarse á distancia considerable del suelo,

y no sería abordable en nuestro caso sin dispendios, á cuya importancia no corresponderían los resultados.

No faltan, ciertamente, en el granito de la Sierra algunos pozos en que se obtiene agua para surtir con más ó menos parsimonia, ya á una finca de recreo, ya á una estación del ferrocarril; pero siempre suponen un gasto de instalación y de fuerza motriz desproporcionado, fuera de casos especiales, á los beneficios que pueda producir el agua elevada.

En cuanto á pozos artesianos, la indole de esta formación aleja toda probabilidad de éxito.

II

TERRENO CUATERNARIO

Paralelamente á la dirección NE. á SO. de la Sierra de Guadarrama, se extiende en la provincia de Madrid, atravesándola completamente y penetrando en las de Toledo y Guadalajara, una faja cuaternaria cuya anchura media pasa de 80 kilómetros. Los materiales que la constituyen proceden de las rocas graníticas de la Sierra y consisten principalmente en arenas, cuyo elemento principal ó más abundante es cuarzo en granos de diversos tamaños, juntamente con mica y proporción variable de arcilla. Entre los materiales arenosos, que no forman lechos regulares ó de estratificación bien definida, se intercalan algunas capas irregulares y discontinuas, más coherentes, gracias al predominio de la arcilla, y, por tanto, menos permeables.

Toda esta formación diluvial, que al principio debió presentar superficie unida, ofrece hoy una serie de ondulaciones debidas á los ríos y arroyos que la surcan. Los ríos tienen su origen en la Sierra de Guadarrama, divisoria entre Duero y Tajo, arrumbada en general de NE. á SO., y cuya altitud va descendiendo en este mismo sentido.

Siguen las corrientes, como ya lo hizo notar D. Casiano de Prado, la resultante entre esta dirección SO. y la SE. de la vertiente de la Sierra, es decir, el rumbo Sur, según se ve claramente en el Alberche, el Guadarrama y el Manzanares. Estos ríos han abierto en el terreno cuaternario surcos cuya profundidad llega á 80 y hasta 100 metros. Los arroyos tributarios de estos ríos, secos la mayor parte

del año, se originan en el mismo terreno cuaternario y lo han derrubiado mucho menos que las aguas de la Sierra.

Faltan datos para determinar el espesor de la formación diluvial cuaternaria; mas puede asegurarse que es muy considerable, principalmente en el Norte y en el centro de la faja; aun en el mismo Madrid, que se halla en el borde Sur, han llegado algunos pozos á la profundidad de 50 metros sin tocar al terreno terciario.

Los expresados ríos no han llegado tampoco á socavar por completo el cuaternario: desde sus lechos arenosos hasta las mesetas próximas hay desniveles de 80 metros, como entre el Perales y las cumbres que rodean á Villamantilla; de 100 metros, como entre Móstoles y el río Guadarrama, y hasta de 110, como entre Pozuelo y el Manzanares. Es posible, no obstante, que en los intervalos quede oculto el terreno inferior terciario, que ya había sido corroído y nivelado antes de formarse el diluvio cuaternario, y así parecen indicarlo los asomos de este terreno que se descubren en algunos puntos, tales como en las cercanías de Batres.

En el borde SE. no siempre está bien definida la línea de separación del cuaternario y el terciario. El espesor del primero se reduce considerablemente, y en algunos parajes la tierra vegetal participa de los materiales de uno y otro. En la planicie que media entre Jetafe y Pinto, tan pronto asoman los yesos terciarios como está formado el suelo por los derrubios cuaternarios ó recientes.

En este conjunto de materiales cuaternarios, por lo general permeables, hay acumulada una cantidad grande de agua, cuyo nivel subterráneo no dista mucho de la superficie. Acerca de las condiciones en que se halla ese agua y de la posibilidad de aprovecharla, he de exponer algunas consideraciones que no creo fuera de lugar.

De la cantidad de agua que cae en una región determinada y escapa á la evaporación, una parte corre superficialmente, yendo á formar los arroyos y ríos, mientras que otra es absorbida por el suelo. De esta última parte, una fracción es consumida por las plantas, y la otra se filtra á través de la tierra y de las rocas del subsuelo, que se saturan del líquido, filtrándose por las más permeables ó porosas en proporción incomparablemente mayor que por las llamadas impermeables, que nunca lo son en absoluto. Inmediatamente después de una lluvia, el suelo ó capa exterior es lo más húmedo; pero como en la superficie hay evaporación activa, y además el agua descende en virtud de la gravedad, filtrándose en el subsuelo, la

capa de humedad máxima baja gradualmente hasta ser reemplazada por la de humedad similar producida con otra lluvia posterior, y de este modo llega á constituirse una superficie, de nivel poco variable, á cierta distancia del suelo exterior, que separa la zona en que las rocas están saturadas de humedad, con todos sus intersticios llenos de agua, de la zona exterior, en que no hay esa saturación.

El agua inferior á esa superficie es la que propiamente se llama *agua subterránea*, y se llama *nivel hidrostático* á la superficie que la limita.

El agua subterránea está en reposo ó tiene un movimiento muy lento, mientras no se alteren sus condiciones de equilibrio, y son por tanto, erróneas las más veces las ideas y las expresiones de *corrientes subterráneas* y *ríos subterráneos*, propaladas con frecuencia por los autores.

El nivel hidrostático depende de múltiples condiciones, entre las cuales se cuentan como principales la pendiente del terreno, la constitución geológica, el clima y la vegetación. No es un plano horizontal, sino una superficie ondulada que reproduce, aunque atenuadas, las formas del suelo; de modo que una curva hipsométrica trazada en el mapa de una comarca es hasta cierto punto la representación de su nivel hidrostático.

En las regiones montuosas las distancias verticales desde la superficie á este nivel varían entre límites mucho más extensos que en las comarcas llanas ó poco quebradas. Donde hay grandes espesores de materiales poco coherentes, el nivel hidrostático se halla mucho más próximo á la superficie que en donde el terreno está constituido por rocas compactas fisuradas.

De éstos y otros principios puede deducirse *a priori* que en la faja cuaternaria de la provincia de Madrid, en que predominan las arenas y en que el suelo no ofrece grandes desigualdades, se ha de encontrar el agua subterránea bastante somera. Y esto mismo se comprueba en la práctica con la multitud de pozos existentes en la mayor parte de los pueblos situados sobre esta faja, y con el procedimiento que en ellos y en el mismo Madrid, antes de las obras del Lozoya, se seguía para la instalación de fuentes; procedimiento que se reduce á abrir un pozo en punto más elevado que aquél en que ha de correr la fuente, profundizándolo hasta rebasar un poco el nivel hidrostático; establecer, si se juzga necesario, desde su fondo *registros* ó galerías en diversos sentidos, para facilitar el avenamien-

to, y, por último, un *minado*, ó sea otra galería desde el pozo al *arca* ó depósito inmediato á la fuente.

La profundidad á que los pozos encuentran agua en esta zona cuaternaria es bastante variable: desde dos ó tres metros á cuarenta y tantos. Tales variaciones dependen en gran parte de las condiciones topográficas, y entre ellas principalmente de la altura de la boca del pozo con relación á las vaguadas naturales; pero también son debidas á la constitución del subsuelo. Unas y otras causas influyen, no sólo en la profundidad á que se halla el agua, sino también en su mayor ó menor abundancia. Si el suelo y todas las rocas del subsuelo fuesen uniformemente permeables, se encontraría por bajo del nivel hidrostático una zona uniformemente acuifera; pero si en el subsuelo hay capas cuya porosidad es variable, y si además esas capas están inclinadas, las aguas circulan más libremente en las de mayor porosidad ó menos coherencia, y cada lecho poroso viene á ser un horizonte freático. En el terreno cuaternario de la provincia de Madrid existen, como ya se ha dicho, lechos arcillosos discontinuos entre materiales sueltos ó arenosos, y esto explica la diferencia de los niveles acuíferos en pozos á veces muy próximos entre sí.

Por regla general, las aguas que se hallan á corta profundidad en las lomas ó mesetas poco extensas del cuaternario no son abundantes, y ofrecen grandes variaciones en el caudal de la estación seca á la lluviosa. Esto lo suelen expresar los naturales diciendo que son *aguas colgadas*, así como llaman *aguas de paso* á las del régimen más constante, que se encuentran generalmente más profundas y que no se agotan ó se renuevan prontamente cuando llegan á apurarlas los artefactos elevatorios.

Esta diversidad de condiciones en los horizontes freáticos tiene explicación sencilla en las ondulaciones del nivel hidrostático, pues á medida que las capas acuíferas se aproximan á la superficie, están alimentadas por una zona de menor extensión y han de ser más fácilmente agotables y más dependientes de las variaciones atmosféricas.

Indicaré ahora brevemente las profundidades á que se encuentra el agua subterránea en diferentes puntos de esta zona cuaternaria, según se deduce del examen de muchos pozos, situados casi siempre en los pueblos y en sus inmediaciones, así como de algunos minados para las conducciones de agua. En esta reseña avanzaremos de O. á E. y de N. á S.

Villanueva de Perales.

En este pueblo el nivel hidrostático se encuentra á los seis ó siete metros de la superficie, habiendo varios pozos que con poca más profundidad dan agua para los usos del vecindario, incluso para la bebida, pues á pesar de la facilidad con que podría instalarse una fuente por el procedimiento antes indicado, se bebe el agua de los pozos abiertos entre edificios.

Villamantilla.

El pueblo de que hablamos está cercado de colinas, algunas de las cuales se elevan hasta 40 metros sobre él. En la misma hondonada nace el arroyo de San Antonio, tributario del río Perales y seco la mayor parte del año. La situación topográfica indica desde luego que en este pueblo se encuentra el agua á corta profundidad, y así lo demuestran los pozos con que cuentan muchas de sus casas, los cuales, en general, no pasan de siete metros de hondura. La única fuente que había ha dejado de manar. Su origen se halla en la colina del SE. á unos 200 metros del pueblo, donde está el *arca* ó recipiente socavado en el terreno. La cañería de barro que conducía el agua hasta la fuente, se halla, según parece, obstruida, y los vecinos tienen que acudir á la misma *arca* para surtirse de agua potable.

El Fresno.

Esta aldea se halla á la margen izquierda del río Perales, cerca de su confluencia con el Alberche y dominada por colinas cuaternarias que se elevan hasta 100 metros sobre la vaguada. Tales circunstancias revelan que por medio de galerías que penetren en esas colinas debe encontrarse agua, y así sucede en la fuente instalada no hace mucho cerca del pueblo y á la orilla del río, alimentada por una mina de muy reducida longitud.

En el parador del pueblo hay un pozo con agua á profundidad que no llega á seis metros.

Al Sur del pueblo y siguiendo la margen izquierda del Alberche, existe una planicie de más de tres kilómetros de longitud, dominada también por colinas cuaternarias, de las que no parece que sería difícil derivar aguas por medio de minas.

Al otro lado del río, frente á la aldea del Fresno, se extienden los aluviones recientes, donde el agua se halla seguramente á escasa profundidad.

Villa del Prado.

Se asienta este pueblo cerca del contacto del cuaternario con el granito y neis de la Sierra; contacto que no se establece de una manera brusca, pues hay una zona en que el terreno suelto ó arenoso envuelve grandes cantos de rocas graníticas, en parte descompuestas. Hay en la villa una fuente, cuyo origen se encuentra en uno de los cerros inmediatos al granito, desde donde se conduce el agua en cañería. Su caudal se reduce mucho en la estación seca, no pasando de 10 á 12 litros por minuto. Hay también cuatro pozos públicos, distribuidos á distancias desiguales en la madre de un arroyo que atraviesa la villa, y que permanece seco la mayor parte del año. En estos pozos, cuya profundidad es 12 á 14 metros, queda el agua durante el estiaje á siete metros de la superficie; pero en el invierno hay veces que rebasa. En las huertas inmediatas á la villa funcionan algunos pozos con noria.

Al SE. de la villa se extiende una planicie plantada en su mayor parte de vides. En ella se han instalado varios pozos con noria para regar reducidas porciones de terreno: varios de ellos han encontrado niveles acuíferos á la profundidad de cinco á siete metros; pero el caudal es escaso, se agotan con las norias y tarda mucho en recuperar el agua su nivel. Los horizontes acuíferos más profundos, de nueve metros en adelante, son más abundantes y perennes. Avanzando todavía hacia el SE., el terreno descende con mayor declive, y luego se encuentra una llanura más baja á la derecha del Alberche. En ella existen varios pozos con noria, encontrándose por lo general el agua antes de los ocho metros de profundidad.

Sevilla la Nueva.

Hay en el pueblo pozos que encuentran el agua á la profundidad de seis á ocho metros, y existe una fuente con minado de unos 200 metros de longitud; pero se seca en verano, más por las malas condiciones de la conducción que por la escasez del líquido.

Villamanta.

El pueblo tiene su asiento cerca de la margen derecha del llamado Arroyo Grande, que con dirección hacia Occidente va á unirse al río Alberche. Este arroyo conserva durante el verano algún caudal de agua, que se utiliza para regar una estrecha faja de terreno. En la margen derecha hay una planicie baja en que el agua se encuentra muy somera, á los tres ó cuatro metros, lo cual permite funcionar algunas norias en pozos cuya profundidad no pasa de siete metros.

El pueblo está edificado en terreno pendiente, al pie de colinas que se van elevando hasta 80 metros sobre la vaguada; hay pozos en algunas casas, y la profundidad de ellos varia, como es consiguiente, con las diferencias de altura del terreno. El de la casa de D. Juan Antonio Rodriguez mide 12'15 metros hasta su fondo, y tenía el 19 de Octubre último 84 centímetros con agua. Otro pozo cercano llega á la profundidad de 27 metros, con seis metros de agua. Hay una fuente de caudal escaso, cuyo origen se halla á 250 metros próximamente, en la madre de uno de los arroyos, secos la mayor parte del año, que descienden de las colinas inmediatas. Junto á la fuente hay un pozo de siete metros de profundidad con bomba movida á brazo para elevar el agua á un depósito, á fin de suplir las deficiencias de aquélla. Dicen que se hicieron algunos *registros* ó prolongaciones de la mina que alimenta á la fuente, y que en ellos aparecía el agua en abundancia; pero sin duda por estar mal recogida ó por escapes en la cañería, afluye poco á la fuente.

Por consejo del Ingeniero Sr. Montenegro se hizo una presa ó dique de tierra para embalsar aguas en uno de los barrancos inmediatos á las expresadas colinas; pero se derrumbó y no se ha intentado reconstruirlo.

Móstoles.

En la meseta divisoria de las cuencas del Guadarrama y el Manzanares, se asienta el pueblo, limitándose allí la planicie al N. y S. respectivamente por los arroyos del Soto y de los Combos, tributarios del Guadarrama, llevando todo el año en su curso inferior algún caudal de agua. La situación del pueblo no es muy favorable para la abundancia del agua. Hay pozos para los usos domésticos en muchas casas, variando por lo general de 10 á 12 metros su profundidad; pero apenas se utiliza el agua para riegos. A la fuente pública viene el caudal de la parte NE., donde el terreno tiene alguna más elevación, con un viaje de medio quilómetro.

Al borde del arroyo del Soto, cerca de la estación de Villaviciosa, hay un pozo que encuentra el agua á menos de siete metros de profundidad.

Villaviciosa de Odón.

En el término de este pueblo se comprueba claramente la diseminación de las aguas subterráneas contenidas en las arenas diluviales de la provincia de Madrid. Ningún manantial de verdadera importancia hay en su término; y la fuente de los Caños de la huerta de los Infantes, de que se surte la población y es bastante caudalosa, se obtuvo por medio de alumbramientos en tiempos antiguos, recogiendo sus aguas por medio de pozos y de dos cañerías de bastante longitud. Se halla situada esta fuente frente al Castillo, en el extremo NE. de la villa y entre 8 y 35 metros más alta que ésta, y arroja al día de 50 á 60000 litros de agua fina y clara, excepto en los largos y grandes temporales, durante los cuales se enturbia algo.

Los alumbramientos de esta fuente consisten en dos pozos situados á unos tres quilómetros al E. de la villa, cerca de la noria y huerta llamada de Valdés: el más alto á corta distancia de la casa de este nombre, y el más bajo en la majada del Prado. Las cañerías por donde se conduce el agua siguen por la izquierda del Campo farestal, que es una cañada tortuosa con frondoso arbolado que se

cuidaba con esmero hace medio siglo, cuando se hallaba establecida en Villaviciosa la Escuela de Ingenieros de Montes.

En esta cañada, lo mismo que en el arroyo Pasidre que con ella se une, hay tajos ó acantilados de 6, de 8 y hasta de 20 metros de altura, en los cuales se muestra la disposición de los mantos diluviales. Lo mismo que en Madrid, se componen éstos de arenas gruesas con guijarrillos blancos de cuarzo y de feldespato, y se intercalan en ellas lentejones de gredas de dimensiones y espesores muy variables, pero que en pocos sitios pasan de una veintena de metros de longitud, ni de una de grueso. Retienen estos lentejones la humedad que escurre de las arenas, y en dichos acantilados se distinguen desde lejos por un color más obscuro que el de las secas arenas entre las cuales encajan. Aparte de ellos, en las escarpas del arroyo Pasidre se ven, entre las arenas, unas vetillas horizontales de color parduzco, cruzadas por otras negruzcas, cuyos gruesos están comprendidos entre uno y cuatro centímetros, y cuyas longitudes en pocos sitios llegan á dos metros. Claro es que tales vetillas son debidas á la concentración de los óxidos de hierro y manganeso, repartidos primitivamente por toda la masa arenosa, y concentrados después por atracciones moleculares para las cuales no habrá dejado de intervenir el agua, si bien la distribución actual de ésta en los mantos diluviales nada tiene que ver con la presencia y repartición de las vetillas.

Los lentejones de greda del arroyo Pasidre dan origen á varias fuentejillas que se recogen con avidez en unos canalitos para regar varios huertos que no suman una hectárea de extensión.

A P. de Villaviciosa, cerca del camino de Navalcarnero, termina en el seco Guadarrama el barranco Hondo, donde hay tajos verticales hasta de 10 metros, en los cuales se dibujan las arenas con fajas blancas y gris-amarillentas, y entre ellas hay otros lentejones de gredas. Las aguas que de éstos escurren se recogen en un caño que arroja unos dos litros por minuto, y se aprovechan para regar otros huertecillos situados en las márgenes del enjuto Guadarrama.

Entre dos y tres quilómetros al N. de Villaviciosa corta las arenas diluviales el arroyo del Chorrillo, en las márgenes del cual se abrieron tres minas para recoger tres rezumaderos con algo de agua que se recibe en una alberca, y sirve para regar otros huertecitos que se extienden hasta el arroyo de la Vega.

Caudales más insignificantes son los que se ven á un quilómetro

más al N. en el barranco del Rosendín, en el cual hay abiertas otras dos minas, y en el inmediato del Batanero, donde hay un caz y una presa para aprovechar sus aguas en otras parcelas.

A lo largo del arroyo de la Vega, que se extiende entre Bobadilla y Villaviciosa, hay otros manantiales en idénticas condiciones: uno de ellos, el del Zarzón, que brota por el lado de la derecha, al pie del encinar del Agostadero, con caudal de dos litros por minuto; y otro, el de la fuente de Bobadilla, sita á 300 metros de este lugar, sobre la margen opuesta, y que arroja 10 litros en igual espacio de tiempo, recogién dose cuidadosamente en una arqueta, con sus caños, el agua con que se abastece el vecindario.

Moraleja de Enmedio.

Está situado este pueblo en la cabecera del arroyuelo de Val de las Huertas y al borde de una meseta que se extiende por E. y SE. hacia el pueblo de Humanes, posición favorable para que las aguas subterráneas se hallen á corta profundidad. Casi todas las casas tienen pozos muy someros, desde 1'50 hasta 8'50 metros de hondura, según la altura del terreno. La fuente pública es abundante y perenne; el agua afluye á ella por medio de una mina de unos 150 metros de longitud, á cuyo extremo se halla el correspondiente pozo, y gracias á la escarpa del terreno, lo minado gana bastante profundidad en poca corrida. En este pueblo se ofrece el ejemplo de terrenos regados con agua alumbrada por medio de una galería que penetra muy poco en uno de los cerros ó *testeros* inmediatos.

Al borde de los arroyos de Valdehigueras y de la Mangada, hacia el Norte del pueblo, se han obtenido por medio de pequeñas minas aguas para regar reducidas porciones de terreno.

El arroyo llamado de Moraleja se origina en el sitio donde estuvo situado Moraleja la Mayor. Seco la mayor parte del año en la primera parte de su curso, es perenne más abajo, y se une en Arroyomolinos al de los Combos, presentando antes algunos remansos, indicio de que el nivel hidrostático coincide allí con la superficie, y que en dichos parajes pudieran fácilmente obtenerse aguas para riegos.

Humanes de Madrid.

Aquí el horizonte freático es abundante y dista poco de la superficie. Casi todas las casas tienen pozos cuya profundidad oscila alrededor de seis á ocho metros, y los hay también con norias para el riego de varias huertas inmediatas.

Griñón.

Existen muchos pozos en el pueblo para los usos domésticos, encontrándose el nivel acuífero á 10 ó 12 metros de la superficie. Hay también en las huertas próximas varios pozos con norias para riegos, siendo muy notables, por el caudal de agua que proporcionan, dos muy próximos entre sí, instalados en la finca llamada El Plantío. Su profundidad es de 11'76 metros, y no se agotan aunque funcionen constantemente las norias, sacando cerca de ocho litros por segundo.

Entre el pueblo y la estación del ferrocarril hay algunos pozos más someros, de siete á ocho metros, que se agotan con las norias en el verano y en que el nivel de agua sube mucho en invierno.

Al NO. de la vía férrea los pozos tienen próximamente las mismas profundidades que en el pueblo.

A la fuente pública de Griñón viene el agua por una mina de cerca de un kilómetro de longitud, y se ha notado que ha descendido el nivel, por lo cual se han puesto los caños más bajos. Se atribuye esto á la sequía de los últimos años; pero es posible que en parte provenga de que con la salida constante del agua haya descendido el nivel hidrostático en la zona de alimentación.

Al Sur del pueblo y en terreno más bajo se han captado dos manantiales, á los que se atribuyen algunas virtudes curativas.

Cubas y Serranillos.

Abundan también los pozos con nivel acuífero á profundidades semejantes á las de Griñón, variando entre límites poco extensos según la topografía del terreno.

sólo corre el agua los días lluviosos: los tres, reunidos más abajo, conservan el nombre del último, y en paraje próximo á las confluencias hay pozos con norias para riegos, hallándose á poca hondura el nivel acuífero.

Torrejón de Velasco.

En este pueblo los pozos dan agua á los seis ú ocho metros de profundidad.

La formación cuaternaria diluvial decrece de espesor hacia oriente, conforme se aproxima á la planicie que media entre la carretera de Madrid á Toledo y el ferrocarril á Alicante. En esta faja, limite del cuaternario, suele hallarse un nivel acuífero poco profundo en contacto con las capas terciarias impermeables, siendo las aguas generalmente selenitosas.

Valdemoro.

Hay aquí pozos que encuentran el nivel á 1'50, dos, tres y cuatro metros.

Parla.

En este pueblo es escasa el agua y de mala calidad, pues la llanura va cambiando de composición geosnóstica y se ven aflorar las capas terciarias en algunos parajes, mientras que en otros están cubiertas por aluviones recientes arenosos. Donde esto último ocurre se halla un nivel acuífero poco profundo entre ambas formaciones, como se observa en algunos pozos de Pinto y sus cercanías.

Corolario de toda esta reseña es la comprobación de lo que antes hemos dicho, esto es, que en la formación cuaternaria de la provincia de Madrid hay acumulada gran cantidad de agua subterránea, cuya distancia á la superficie depende principalmente de las condiciones topográficas. Comparativamente á la extensión que ocupa el cuaternario, son limitadísimos los sitios en que se utiliza ese agua, pues por lo general sólo dentro de los pueblos y en fincas muy próximas á ellos hay pozos, destinados los unos para los usos domésti-

cos y los otros para regar reducidas parcelas, que vienen á ser como oasis en desierto.

No hay duda de que podría aumentarse considerablemente la superficie regada; y si, prescindiendo de otras consideraciones, se atendiese solamente á la facilidad de obtener el agua, los parajes más favorables para la instalación de pozos serían las cabeceras de los barrancos ó arroyos, secos casi todos ellos la mayor parte del año, pero en que el nivel hidrostático está próximo á la superficie, según lo demuestran los ejemplos citados y lo revelan también las plantas que crecen en esos parajes; así como para alumbrar aguas por medio de galerías deberían elegirse aquellos sitios donde las pendientes mayores del terreno permiten ganar igual profundidad con menor longitud de obra.

Mas no hay que olvidar que toda la masa de agua que impregna los materiales cuaternarios es obra de las precipitaciones atmosféricas, que la han acumulado durante largo tiempo. Es un depósito lleno hasta los bordes, en que anualmente entra y sale un volumen relativamente muy pequeño, y, por tanto, si se sacara más de lo que entra, el nivel hidrostático bajaría irremediablemente.

No tenemos, en verdad, los datos necesarios y suficientes para determinar el volumen de agua susceptible de extraerse anualmente en esta zona, sin que bajara sensiblemente el nivel hidrostático; pero expondré hechos y consideraciones que ilustren algo la cuestión, y que, si no resuelven el problema, fijarán ciertos límites para la incógnita.

Desde luego el volumen no podría ser mayor que el de los hidrometeoros caídos anualmente; pero en realidad no es más que una fracción pequeña de esto, pues el agua contenida en todo el espesor de la formación cuaternaria diluvial representa un volumen inmensamente mayor que el del agua que arrastran cada año las corrientes superficiales, ya que ésta no es sino el excedente de la saturación del terreno, obtenida tras larguísima serie de años.

La cantidad media de lluvia anual en Madrid puede evaluarse en unos 400 litros por metro cuadrado, y de las observaciones meteorológicas hechas en Avila y en el Escorial, se deduce que en la Sierra de Guadarrama cae un volumen de agua próximamente doble que en Madrid; pero como no es probable que la transición de la meteorología de la Sierra á la del terreno ondulado se haga de una manera brusca, ha de inferirse que la faja cuaternaria más próxima al grani-

to recibirá más cantidad de agua que la inmediata á Madrid, y que en el conjunto de la zona cuaternaria recorrida por nosotros la cantidad llovida será algo más de los expresados 400 litros; pero de todas maneras, entra la región en la categoría de las secas.

No hay, que sepamos, aforos bastantes de las corrientes en esta zona para deducir la relación en que está el agua llovida con la que corre superficialmente; mas es sabido que el volumen del agua corriente superficial es función de la que llueve y de la topografía, con modificaciones de orden secundario originadas por otras causas, como el clima, la estructura geológica y la vegetación. No guarda en cada caso aquel volumen relación constante con el del agua llovida, sino que esta relación es mayor en las regiones lluviosas que en las secas, y, por tanto, en estas últimas es relativamente más grande la proporción de agua que se infiltra en el terreno.

La Comisión geológica de los Estados Unidos de América, que en aquel vasto territorio está llevando á cabo estudios hidrológicos notabilísimos, de algunos de los cuales pueden hacerse deducciones de carácter general, ha llegado á expresar gráficamente las relaciones entre el agua llovida y el agua corriente por medio de dos curvas, una aplicable á las regiones montañosas y otra á los valles y comarcas de pendientes suaves, tomando por abscisas las alturas de agua llovida, y por ordenadas las alturas correspondientes al agua corriente, supuesta uniformemente distribuida sobre el suelo. En el diagrama que acompañamos y en el cual se han reducido las pulgadas inglesas á centímetros, se representan esas dos curvas.

En el caso de la zona cuaternaria de Madrid, donde la altura llovida se aprecia en 0'40 metros, se deducirá, según la curva correspondiente á los países de suaves pendientes, que el agua que corre superficial representará una altura de seis centímetros. Por tanto, los 34 centímetros restantes representarán el agua absorbida y evaporada.

No hay duda de que la región que consideramos es de corrientes escasas, pues como hemos tenido ocasiones de repetirlo en el curso de este escrito, casi todos los arroyos son de curso intermitente y quedan secos la mayor parte del año; sólo unos pocos que corren por vaguadas más profundas llevan constantemente algún caudal de agua, y los ríos que bajan de la Sierra más bien merman que aumentan su corriente al atravesar las arenas cuaternarias.

Cuando una comarca constituida geológicamente por materiales

de poca coherencia tiene un clima lluvioso, los derrubios son grandes, las madres de los ríos profundas, y llegando á ponerse á descubierto las rocas compactas inferiores, se facilita el avenamiento natural, y en tal caso, las corrientes de agua no contribuyen á elevar el nivel hidrostático, sino á rebajarlo. Por el contrario, en un clima menos húmedo la corrosión es escasa, las vaguadas se mantienen sobre el terreno arenoso y los arroyos intermitentes contribuyen á la elevación del nivel hidrostático. Tal es el caso en la zona cuaternaria de la provincia de Madrid, donde concurren condiciones favorables para la infiltración del agua y su conservación en el terreno.

Mas no debe olvidarse que siempre la parte que de los hidrometeoros se pierde por evaporación, es muy considerable, aun cuando decrece con la intemperie y, por tanto, con la latitud y la altitud del lugar, y aun depende de otras circunstancias, entre las cuales se cuenta la vegetación, que moderando la radiación solar hace menos activa la evaporación.

No creemos que en la zona considerada se hayan reunido datos suficientes para determinar esa pérdida; pero como en la cuenca del Sena se ha calculado en $\frac{2}{3}$ del agua llovida, y en $\frac{3}{4}$ en la cuenca del Missouri, no estaremos muy lejos de la verdad si tomamos para nuestro caso el promedio de estas dos relaciones, que viene á ser el 70 por 100.

Si restamos de 0'40 metros (altura llovida) 0'28 metros por evaporación y 0'06 por corrientes superficiales, quedará reducida á otros seis centímetros la cantidad susceptible de infiltrarse anualmente en el terreno, ó lo que es lo mismo, 600 metros cúbicos por hectárea, que distribuidos en los intersticios del terreno permeable, podrán representar una altura de 18 á 24 centímetros, los mismos que bajaría el nivel hidrostático si se extrajera anualmente y no se repusiera toda el agua absorbida. Pero la parte desecada; superior al nuevo nivel, quedaría en condiciones de saturarse nuevamente, absorbiendo con más facilidad el agua de las lluvias sucesivas, tanto más cuanto que no toda el agua destinada á riegos la consumen las plantas y la evaporación, sino que bastante de ella se infiltra en el terreno por poco permeable que sea.

Por tanto, no estaría muy distante de los 600 metros cúbicos por hectárea el agua que podría sacarse anualmente sin una baja sensible del nivel hidrostático.

En los canales de riego se suele calcular un litro de caudal por segundo para cada hectárea regada, lo que equivale á una altura de tres metros en números redondos, ó sea á 30000 m³ por hectárea, cantidad realmente excesiva aun para regiones y cultivos que exigen riegos durante todas las estaciones del año. Limitándola á la altura de 2'40 metros, ó sea 24000 m³ por hectárea, resulta una cantidad 40 veces mayor que la calculada para la infiltración. Es decir, que no se podría regar más que una cuarentava parte de la zona cuaternaria sin producir descenso en el nivel hidrostático.

La superficie de esa zona en toda la provincia de Madrid puede apreciarse aproximadamente en 240000 hectáreas; de modo que 6000 serían las susceptibles de regarse en las condiciones antes dichas. Pero si los riegos se limitan á la estación seca, como se verifica actualmente en las fincas provistas de pozos, se reduce mucho la cantidad de agua necesaria, pues se calcula que un buen riego consume alrededor de 500 m³ de agua por hectárea, y con 12 riegos durante la estación seca habría un consumo de 6000 m³, esto es, diez veces más que la que corresponde á la infiltración anual. Se podría, pues, regar en estas condiciones la décima parte de la zona cuaternaria, ó sean unas 24000 hectáreas.

Ocioso es insistir en que todas las cifras apuntadas no pueden considerarse exactas ni aun muy aproximadas á la realidad; mas es su objeto poner de relieve que en la zona en cuestión pueden aumentarse considerablemente las parcelas regadas, haciendo más intensivo el cultivo, aun cuando no podría pasar de ciertos límites la cantidad de agua extraída sin ver descender el nivel hidrostático, y, por tanto, sin que hubiera que aumentar proporcionalmente la profundidad de los pozos y las fuerzas destinadas á la elevación de agua.

Dedúcese también de todo lo expuesto que los alumbramientos de aguas practicables en esta zona por los indicados procedimientos corresponden más bien á los particulares que al Estado, pues los dueños y cultivadores de fincas son los que deben desde luego estudiar y decidir qué parte de ellas conviene destinar á cultivos que exijan riegos, y llegado el caso, si el asunto fuese de tal importancia que no lo pudiese dominar el poseedor del predio, entonces es cuando podrá acudir á la acción directa del Gobierno, que en la generalidad de las veces se cumplirá con sólo estudios geológicos más ó

menos extensos, pero siempre análogos á los que ahora sintetizamos, para indicar los lugares donde con dispendio mínimo pueden obtenerse aguas subterráneas.

Para terminar con lo que al terreno cuaternario se refiere, he de decir dos palabras acerca de la posibilidad de encontrar en él aguas artesianas. Los materiales de este terreno proceden, como ya se ha dicho, de la desagregación de las rocas del Guadarrama. Aunque su estratificación no sea bien definida, tienden á formar capas que en la proximidad de la Sierra se inclinan ligeramente hacia el S., y que á medida que de aquélla se separan se acercan á la posición horizontal, al mismo tiempo que disminuye el volumen de los elementos componentes y aumentan los lechos arcillosos.

Estas condiciones son favorables á la existencia, á cierta profundidad, de aguas susceptibles de alumbrarse con pozos artesianos, y tal supuesto parece corroborarse con los resultados obtenidos en la vertiente septentrional de la Sierra, donde, procedente de los derrumbios, hay también una formación cuaternaria semejante á la de la provincia de Madrid, y en la cual recientemente se han abierto con éxito varios pozos artesianos.

Pero si nos fijamos en el relieve de la zona que nos ha tocado estudiar, obsérvese que las arenas cuaternarias en su contacto con el granito difieren en altura muy poco de las mesetas intermedias entre las madres de los ríos que bajan de la Sierra, y por tanto, aunque las aguas infiltradas en las arenas próximas á dicha Sierra descendieren y fueren detenidas más abajo por lechos arcillosos, no tendrían suficiente presión para elevarse hasta la superficie de las expresadas mesetas. No debe, pues, confiarse en encontrar siempre aguas ascendentes en esta zona, y es muy fácil que sólo puedan hallarse en los parajes menos elevados.

III

TERRENO TERCIARIO

En la sección que me ha correspondido estudiar, y que termina hacia los límites de las formaciones cuaternaria y terciaria, las rocas de esta última ocupan muy poca extensión.

Ya se ha indicado antes que en la planicie comprendida entre la

En los canales de riego se suele calcular un litro de caudal por segundo para cada hectárea regada, lo que equivale á una altura de tres metros en números redondos, ó sea á 30000 m³ por hectárea, cantidad realmente excesiva aun para regiones y cultivos que exigen riegos durante todas las estaciones del año. Limitándola á la altura de 2'40 metros, ó sea 24000 m³ por hectárea, resulta una cantidad 40 veces mayor que la calculada para la infiltración. Es decir, que no se podría regar más que una cuarentava parte de la zona cuaternaria sin producir descenso en el nivel hidrostático.

La superficie de esa zona en toda la provincia de Madrid puede apreciarse aproximadamente en 240000 hectáreas; de modo que 6000 serian las susceptibles de regarse en las condiciones antes dichas. Pero si los riegos se limitan á la estación seca, como se verifica actualmente en las fincas provistas de pozos, se reduce mucho la cantidad de agua necesaria, pues se calcula que un buen riego consume alrededor de 500 m³ de agua por hectárea, y con 12 riegos durante la estación seca habría un consumo de 6000 m³, esto es, diez veces más que la que corresponde á la infiltración anual. Se podría, pues, regar en estas condiciones la décima parte de la zona cuaternaria, ó sean unas 24000 hectáreas.

Ocioso es insistir en que todas las cifras apuntadas no pueden considerarse exactas ni aun muy aproximadas á la realidad; mas es su objeto poner de relieve que en la zona en cuestión pueden aumentarse considerablemente las parcelas regadas, haciendo más intensivo el cultivo, aun cuando no podría pasar de ciertos límites la cantidad de agua extraída sin ver descender el nivel hidrostático, y, por tanto, sin que hubiera que aumentar proporcionalmente la profundidad de los pozos y las fuerzas destinadas á la elevación de agua.

Dedúcese también de todo lo expuesto que los alumbramientos de aguas practicables en esta zona por los indicados procedimientos corresponden más bien á los particulares que al Estado, pues los dueños y cultivadores de fincas son los que deben desde luego estudiar y decidir qué parte de ellas conviene destinar á cultivos que exijan riegos, y llegado el caso, si el asunto fuese de tal importancia que no lo pudiese dominar el poseedor del predio, entonces es cuando podrá acudir á la acción directa del Gobierno, que en la generalidad de las veces se cumplirá con sólo estudios geológicos más ó

menos extensos, pero siempre análogos á los que ahora sintetizamos, para indicar los lugares donde con dispendio mínimo pueden obtenerse aguas subterráneas.

Para terminar con lo que al terreno cuaternario se refiere, he de decir dos palabras acerca de la posibilidad de encontrar en él aguas artesianas. Los materiales de este terreno proceden, como ya se ha dicho, de la desagregación de las rocas del Guadarrama. Aunque su estratificación no sea bien definida, tienden á formar capas que en la proximidad de la Sierra se inclinan ligeramente hacia el S., y que á medida que de aquélla se separan se acercan á la posición horizontal, al mismo tiempo que disminuye el volumen de los elementos componentes y aumentan los lechos arcillosos.

Estas condiciones son favorables á la existencia, á cierta profundidad, de aguas susceptibles de alumbrarse con pozos artesianos, y tal supuesto parece corroborarse con los resultados obtenidos en la vertiente septentrional de la Sierra, donde, procedente de los derrubios, hay también una formación cuaternaria semejante á la de la provincia de Madrid, y en la cual recientemente se han abierto con éxito varios pozos artesianos.

Pero si nos fijamos en el relieve de la zona que nos ha tocado estudiar, obsérvese que las arenas cuaternarias en su contacto con el granito difieren en altura muy poco de las mesetas intermedias entre las madres de los ríos que bajan de la Sierra, y por tanto, aunque las aguas infiltradas en las arenas próximas á dicha Sierra descendieren y fueren detenidas más abajo por lechos arcillosos, no tendrían suficiente presión para elevarse hasta la superficie de las expresadas mesetas. No debe, pues, confiarse en encontrar siempre aguas ascendentes en esta zona, y es muy fácil que sólo puedan hallarse en los parajes menos elevados.

III

TERRENO TERCIARIO

En la sección que me ha correspondido estudiar, y que termina hacia los límites de las formaciones cuaternaria y terciaria, las rocas de esta última ocupan muy poca extensión.

Ya se ha indicado antes que en la planicie comprendida entre la

carretera de Madrid á Toledo y el ferrocarril de Madrid á Alicante, asoman en algunos puntos las rocas terciarias, margas y yesos, mientras que en otros quedan cubiertas por aluviones modernos, existiendo entónces un horizonte acuifero entre ambas formaciones.

En esta zona, límite de los terrenos cuaternario y terciario, algunos pozos han llegado á las rocas terciarias, y los resultados han sido diversos, pues á veces se ha encontrado algún lecho sabuloso acuifero entre arcillas y margas yesosas, mientras que otras, como acontece en un pozo situado dos kilómetros al S. de Torrejón de Velasco, se han perforado más de 50 metros en yesos sin encontrar agua.

Sabiendo es que en la formación terciaria lacustre de Castilla la Nueva se distinguen tres horizontes: el superior está formado principalmente por calizas; el intermedio por arcillas, margas y yesos, y en el inferior predominan las rocas detríticas y sabulosas. En la zona á que se contraen estos apuntes faltan las calizas del tramo superior, siendo las capas más someras las del tramo intermedio, por lo general impermeable, y sólo accidentalmente se encuentran entre ellas algunos lechos acuiferos. Es, pues, en este tramo de la formación terciaria más eventual que en la cuaternaria el encuentro de aguas freáticas á corta profundidad.

Entre Torrejón de Velasco y Valdemoro asoman las rocas terciarias, formando relieve sobre la planicie cubierta de aluviones. Por medio de pozos y minas en esta roca se ha encontrado un horizonte acuifero que es utilizado para la conducción de aguas á Valdemoro, no há mucho terminada.

Para dilucidar la cuestión de si en la formación terciaria de la provincia de Madrid podrian obtenerse aguas artesianas, habrán podido recoger más datos que yo mis compañeros encargados de estudiar las zonas en que esa formación aparece más completa y ocupa más espacio. Me limitaré, por tanto, á algunas consideraciones generales.

Las capas terciarias conservan en la provincia de Madrid una posición sensiblemente horizontal; desaparecen al O. bajo el diluvio cuaternario, y apenas afloran al contacto de la Sierra de Guadarrama, sino en el borde N. de la cuenca lacustre, donde aparecen inclinadas, con buzamiento predominante hacia el S.

Comenzando en la provincia de Guadalajara, y atravesando la de Cuenca, hay una zona de rocas cretáceas constituyendo la Sierra de

Altamira, arrumbada de N. á S., que parece corresponder á un pliegue sinclinal que dividiera en dos subcuencas la gran formación lacustre. Las capas cretáceas de la dicha Sierra están inclinadas, y las terciarias se apoyan en ellas con estratificación algunas veces concordante. Así, pues, la formación terciaria de la provincia de Madrid correspondería á la parte central de la subcuenca occidental, en cuyos bordes N. y E. asoman las capas sabulosas inferiores levantadas á mayores alturas. Recibiendo allí estas capas la acción de los hidrometeoros, podrán conducir el agua infiltrada hasta el fondo de la cuenca con presión suficiente para elevarse á la superficie en pozos artesianos.

Los geólogos Sres. Prado, Cortázar y Castell, que han estudiado respectivamente las provincias de Madrid, Cuenca y Guadalajara, atribuyen á la formación terciaria lacustre un espesor aproximado de 250 metros, de los cuales corresponden 50 á las calizas, 80 á las arcillas, margas y yesos, y 50 al tramo inferior, en que hay rocas sabulosas más ó menos permeables. Si para la perforación de pozos se eligieran las zonas faltas de las calizas del tramo superior, el espesor por atravesar para llegar al horizonte inferior sólo seria de 80 metros desde donde tal vez surgiese el agua.

Pero además, por bajo de la formación terciaria debe hallarse la cretácea, que dicho está que asoma en los bordes NO. y N. de la cuenca lacustre y en el anticlinal que la divide y limita por el borde oriental, y como en esta formación cretácea se distinguen también tres tramos: el superior calizo, el intermedio margoso y el inferior con areniscas deleznales; las mismas razones aducidas en favor de la posibilidad de hallar aguas artesianas en la base del terciario, pueden aplicarse al cretáceo, y aun con mayor fundamento, ya que las rocas sabulosas de su base son menos coherentes que las de la base del terciario, según las descripciones que de unas y otras hacen los aludidos geólogos.

El espesor del cretáceo en la provincia de Guadalajara, lo aprecia el Sr. Castell en unos 200 metros, de los cuales corresponden 100 á las calizas, 50 á las margas y 50 á las areniscas. Por consiguiente, para llegar desde las margas y yesos del terciario á las areniscas del cretáceo, habria que taladrar 260 metros, y 50 metros menos para atravesar las calizas cretáceas, llegando á las margas ó arcillas, á cuyo contacto es también posible la existencia de un horizonte acuifero, dada la estructura cávernosa de las dichas calizas. Aunque es-

tas cifras se doblaran, no sumarian espesor extraordinario, teniendo en cuenta los progresos realizados por el arte del sondeo.

Una circunstancia desfavorable, si no para la existencia, para el caudal de aguas artesianas en la provincia de Madrid, parece deducirse del reducido espacio que ocupan los asomos de las rocas permeables, tanto terciarias como cretáceas, en los bordes de la cuenca, y siendo tan corta la zona de infiltración, no es lógico confiar en que sean muy abundantes los horizontes acuíferos con presión suficiente para llegar á la superficie por un taladro.

Con ulteriores exploraciones en la comarca de que hemos tratado, no han de modificarse los datos generales que apuntados quedan; pero en cambio podrán determinarse más y más los puntos donde, ya con pozos y minas, ya con sondeos, serán de éxito seguro los trabajos de iluminación de aguas.

NOTA.

AGUAS Y POZOS DE LOS BARRIOS BAJOS DE MADRID

Entre las arenas feldespáticas de grano grueso, sobre las cuales está edificada casi toda la villa de Madrid, se intercalan á distintos niveles lenticiones delgados y discontinuos de arcillas muy arenosas y compactas, á que vulgarmente llaman *gredones*, y son efectivamente una variedad de greda basta.

En la parte más baja de la villa, á orillas del Manzanares, desde el Puente de Toledo, inferiores á las formaciones cuaternarias, asoman las terciarias miocenas, que se muestran por ambos lados del río, adquiriendo creciente extensión á medida que se sigue más al SE. Este terreno terciario se presenta enteramente al descubierto en los barrios extremos de Madrid desde el citado Puente de Toledo hasta la estación de Atocha, comprendiendo por completo el muy extenso de las Peñuelas y gran parte de sus colindantes del distrito de la Inclusa, es decir, todo el extremo S. de la población. En las intermediaciones de esta zona, el espesor del cuaternario que cubre el terciario va gradualmente aumentando á medida que se camina del S. al N. Y en los barrios del centro y del septentrion de la capital el terreno permeable y acuífero tiene espesores tan considerables que pasan de 50 metros por término medio, excediendo de 75 en el barrio de Argüelles y en la Moncloa.

La repartición del agua en los terrenos sobre que está edificado el caserío es sumamente desigual, y como es lógico que así suceda, en las zonas más hondas de la masa arenosa ó diluvial es donde mayores cantidades se acumulan, figurando en primera línea, por este concepto, toda la faja extendida desde el Hipódromo á la Puerta de Atocha, á lo largo de la Castellana, Recoletos, el Prado y el Jardín Botánico, ó sea la vaguada del arroyo de Maudes, borrada ó rellena al urbanizarse esa parte de la población.

En los barrios inmediatos al río, situados en el contacto del diluvial y del mioceno, las cantidades de agua contenidas en los estratos suelen ser demasiado escasas, si bien siempre se encuentra alguna constituyendo un nivel freático.

Muchos son los pozos abiertos entre las arenas y gredones de Madrid que á menos de seis metros de profundidad han dado cantidades de agua de alguna importancia, habiéndose notado que el líquido no se halla á un nivel constante é igual en toda la población, sino en puntos que, unidos entre sí, se ajustan casi paralelamente al relieve ondulado y desigual de la superficie.

En el barrio de las Peñuelas las condiciones son diferentes, por ser distinto también el terreno, que por esta parte forma hacia el río un declive menos doblado, de menos lomas y colinas que en lo alto de la población, donde, por las construcciones y desmontes hechos, aparece hoy el suelo con aspecto general bastante más uniforme que el primitivo.

La profundidad á que se encuentra el agua de los pozos en el barrio de las Peñuelas, puede estimarse como comprendida entre cinco y ocho metros; mas la cantidad, según los diferentes datos de puntos diversos, resulta insuficiente para el gasto considerable de grandes industrias, ya que el volumen avenado en los mejores pozos varía entre 10 y 20 metros cúbicos por veinticuatro horas en tiempos normales, ó sea en épocas secas ó poco lluviosas.

Es decir, que la parte más meridional de Madrid es bastante pobre en aguas subterráneas, á pesar de ser la de nivel más bajo, lo cual reconoce por causa la naturaleza del terreno menos permeable que las arenas del centro y del norte de la villa.

Cuando, tratando de obtener más cantidades de agua que las que generalmente producen los pozos en la zona S. del término de la capital, se continuaron aquéllos á mayores profundidades que las comunes, los resultados fueron muchas veces desfavorables, pues lejos de conseguir más caudal, se perdió parte del obtenido, como consecuencia de la naturaleza del terreno.

Respecto á la calidad de las aguas del barrio de que se trata, es demasiado notable su diferencia con las del Lozoya y las de los pozos del centro y del norte. Todas, sin excepción, son salobres, están demasiado cargadas de sales de magnesia; algunas son, por tanto, purgantes; muchas selenitosas de un modo muy marcado, y ninguna verdaderamente potable, á pesar de que á la vista son completamente

diáfanas, y lo mismo la calidad que la cantidad vienen naturalmente á depender de la naturaleza y disposición de los estratos terciarios.

Bien sabido es que el terreno terciario lacustre de la cuenca del Tajo, que llega hasta el pie de las lomas y cerros del término de Madrid, se compone de una manera general de tres miembros: el inferior sabuloso, que dista mucho de la capital; el medio, más potente y constante, arcillo-yesoso, y el superior calizo, que también es raro ver en el término; pero en cambio el tramo medio, con margas, arcillas, yesos y pedernal, tiene espesores que exceden de 100 metros y que en varios puntos se acercan á 200, y un análisis detallado de las rocas de este miembro ó tramo es lo pertinente para el caso.

Resumiendo los datos relativos á los pozos y norias de los barrios bajos, como regla general, se puede afirmar que al abrir una excavación al mediodía de Madrid, pasado el terreno echadizo ó una capa de pocos centímetros de tierra vegetal, se encuentra la llamada *peñuela*, ó sea una marga blanquecina, compacta, dura, de aspecto de caliza dolomítica, á la cual se aproxima por la gran proporción de carbonato de cal que entra en su composición, y algo de carbonato de magnesia que la acompaña.

El espesor medio de esta roca apenas llega á un metro; pues si bien hay puntos en que pasa de tres, en otros sólo tiene algunos centímetros.

Por bajo de esta capa, que, aunque dura, se trabaja perfectamente con el pico, por su estructura grumosa, muy grietada y fácil de rajarse ó dividirse en fragmentos pequeños, se presenta una zona de cerca de ocho metros de greda hasta de alguna dureza, pero todavía más fácil de perforar que la peñuela y sin necesidad de explosivos. En varios sitios esta greda se ve cruzada por fajitas ó vetillas de yeso laminar, y también, aunque escaso, encierra algún nódulo de pedernal.

Debajo de ese gredón compacto, á la profundidad media de 8 á 10 metros, hay otra zona de greda concrecionada, ó más bien de una marga que vulgarmente llaman *tosca* los poceros, á causa de que las arcillas, el carbonato de cal y la arena que la componen entran en su formación de manera tan heterogénea ó desproporcionada y con tan desigual repartición, que en unos puntos tiene la masa gran compacidad y en otros es casi deleznable y cavernosa. A esta estructura tan desigual se atribuye el que pasado el gredón, si se atraviesa

la *tosca*, lejos de aumentar el caudal de agua, más bien disminuye, y de aquí la razón por la cual los pozos de esta parte de Madrid son mucho más someros que los de la zona del Norte, donde hay varios que pasan de 50 metros dando cantidades notables de agua.

Hay, sin embargo, algunos pozos en los barrios del Mediodía de más de 10 metros de profundidad, que se supone ser la más favorable para recoger las aguas que llaman *colgadas*, casi siempre suficientes para usos domésticos, fuera de la bebida, y pequeñas industrias (talleres de marmolistería y de cantería, alfarerías, fábricas de cartón y de papel pintado, fundiciones de metales, etc.)

En resumen: por lo que respecta á las circunstancias observadas en los pozos de los barrios bajos de Madrid, se deben tener en cuenta los resultados siguientes:

1.º Tocante á su composición, pasada una pequeña zona de *peñaúcla*, casi todos los pozos se abren en margas arenosas, con nódulos ó venillas de yeso cristalino, y á las veces concreciones de pedernal.

2.º Respecto á su cohesión, todo el terreno se excava fácilmente sin necesidad de barrenos, y al propio tiempo es de bastante consistencia para no necesitar fortificación ó guarnecido de ladrillo más que en los cuatro ó cinco metros más inmediatos á la superficie.

3.º El caudal de agua de cada pozo suele ser poco copioso; pero no dejan de recogerse unos 15 metros cúbicos diarios, término medio, ó 10 metros cúbicos como mínimo.

La mayor ó menor cantidad de agua que un pozo encierra con relación á sus inmediatos, depende del menor ó mayor gasto diario, pues pozos hay de que se extrae constantemente cuanta cantidad producen. En este caso se hallan los de las norias de riego de la Casa Blanca, el del antiguo establecimiento de caballos de los Sres. Labourdette, el del tejedor de Santigós, el del cementerio de San Nicolás y algún otro. Por el contrario, hay otros pozos cuyo consumo es menor que la producción, y allí resulta que las aguas aparecen mucho más elevadas, sin que por eso sean más copiosas.

Pozos hay que rebasan el máximo señalado, y en tal caso se hallan los ya citados de las norias de la Casa Blanca, á la cota de 20 metros por bajo de la calle de Ramirez de Prado, y cerca del Manzanares, en la depresión que forma el terreno inmediato á la Pradera del Canal. En cambio, los pozos del cementerio de San Nicolás, á nivel de 12 á 15 metros más altos, á pesar de su profundidad de 228 pies, ó

sea 64 metros, con ser los más profundos de esta parte de la villa, son los menos copiosos del barrio y á duras penas alcanzan la cifra mínima antes señalada, ni aun en épocas lluviosas.

Aún añadiremos algunas indicaciones sobre los medios de obtener aguas subterráneas en el barrio de que venimos hablando:

1.ª Si el consumo se hubiera de reducir de 5 á 10 metros cúbicos diarios, sería suficiente abrir un pozo ordinario cuya perforación se debería detener en cuanto se llegase á la zona de la *tosca*, pues tal vez por haber pasado ésta, los pozos de San Nicolás son de los más pobres de agua; así como, por el contrario, apenas la tiene el de la cerrajería de Simón, á causa de no haber atravesado por completo la masa de los gredones compactos. La faja acuifera circula en el barrio en la superficie de separación de ambas rocas, es decir, que próximamente ha de ser de 10 á 15 metros la profundidad necesaria para alcanzar el verdadero nivel freático.

2.ª Si abierto el pozo hasta la zona de la *tosca*, la cantidad de agua fuese demasiado escasa, se aumentaría su caudal por medio de minas en el sentido de las mayores exudaciones, que probablemente se encontrarán hacia el SE.

3.ª Para conseguir cantidades de agua subterránea superiores á 10 metros cúbicos diarios, con toda seguridad de alcanzarla en mucha mayor proporción, se debería proceder á los trabajos siguientes:

A. Apertura de un pozo de 40 á 45 metros de profundidad, hasta llegar á nivel algo más bajo que el del río Manzanares.

B. A partir del mismo pozo, dejando de 5 á 10 metros de caldera, emprender galerías ó minas en dirección al río; y donde estas labores subterráneas darian mejores resultados para el objeto, sería en la hoya de la Risquera, á pocos metros de un manantial allí existente.

Terminemos diciendo que aun cuando llegara el caso improbable de que faltase el agua del Lozoya y de todas las fuentes de los antiguos viajes, para las necesidades industriales de los barrios bajos de Madrid, en las inmediaciones de la Pradera del Canal, el Ayuntamiento de Madrid ó una empresa podrían obtener millares de metros cúbicos de agua del propio Manzanares. Este río, aunque parece medio enjuto en el estío, lleva, aun en épocas de gran sequía, un caudal subálveo de importancia de que nadie hace caso. Es cierto que á poco de llegar al Puente de Segovia las aguas del río son verdaderamente inmundas, no sólo por lo que las ensucian las ropas que en él se la-

van, sino por las acometidas de las alcantarillas, tanto que el caudal corriente junto á la Pradera es infecto é inaplicable á todo uso que no sea para el riego; pero no nos cabe duda que filtrada á través de sus propios mantos de acarreo de varios metros de espesor; aunque salobre, afluiría tan diáfana y cristalina como la que puede verse en las minas de la Casa Blanca, impropia sí para la bebida, pero muy utilizable para usos industriales.

LUCAS MALLADA.

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN EL TOMO VIII (2.ª SERIE)

	Págs.
Nota acerca de los yacimientos cupríferos del Norte de la provincia de Palencia, por D. R. A. de Y.....	4
Nota referente á varios yacimientos de estaño de la provincia de Pontevedra, por D. Rafael Sánchez Lozano.....	14
Nota referente á varios yacimientos de plomo de la vertiente septentrional de Sierra Nevada, por D. Rafael Sánchez Lozano.....	25
(1) Los terrenos secundarios de las provincias de Murcia, Almería, Granada y Alicante, por M. R. Nicklés. / /.....	35
Sobre la existencia de fenómenos de cobijadura en la zona subbética, por M. René Nicklés.....	41
El país vasco en las edades geológicas, por D. Ramón Adán de Yarza.....	45
Dos palabras referentes á la teoría de las zonas de cobijadura, como prólogo á la traducción de un trabajo del Sr. Nicklés, por D. Ramón Adán de Yarza.....	65
Fenómenos de cobijadura en España en la zona subbética, por M. René Nicklés.....	77
Datos geológico-mineros relativos á la cuenca carbonífera de Guardo (Palencia), por D. Rafael Sánchez Lozano.....	105
Estudio de algunos moluscos eocénicos del Pirineo catalán, por M. Cossmann.....	135
Nota sobre algunos vegetales terciarios de Cataluña, por M. P. Fliche, Profesor en la Escuela Forestal de Nancy.....	153
Algunos datos de aguas artesianas en la comarca de Figueras, por D. Rafael Sánchez Lozano.....	167
Alumbramiento de aguas en Madrid, por D. Antonio Montenegro, Ingeniero industrial.....	174
Noticia referente á estudios hidro-geológicos en España, por D. Daniel de Cortázar.....	177

	Página.
Estudios hidro-geológicos.—Provincia de Madrid. Zona entre Torreldones, Navas del Rey y Madrid, por D. Horacio Bentabol.....	209
Estudios hidro-geológicos.—Provincia de Madrid. Zona entre el ferrocarril del Norte y el de Madrid á Zaragoza, por D. Juan García del Castillo y D. César Rubio.....	241
Estudios hidro-geológicos.—Provincia de Madrid. Zona entre los ferrocarriles de Madrid á Zaragoza y de Madrid á Cáceres y Portugal, por D. Rafael Sánchez Lozano y D. Mariano Álvarez Aravaca.	265
Estudios hidro-geológicos.—Provincia de Madrid. Zona entre la capital, San Martín de Valdeiglesias y el ferrocarril de Madrid á Alicante, por D. Ramón Adán de Yarza.....	297
Aguas y pozos de los barrios bajos de Madrid. Nota de D. Lucas Mallada.....	324

ÍNDICE

DE LAS LÁMINAS CONTENIDAS EN EL TOMO VIII (2.ª SERIE)

	Láminas.
Moluscos eocénicos del Pirineo catalán.....	A, B y C
Vegetales terciarios de Cataluña.....	D
Mapa geológico del país vascongado.....	1.ª
Plano geológico-minero de la cuenca carbonífera de Guardo.....	2.ª

Estudios hidro-geológicos.—Provincia de Madrid.

Zona entre Torreldones, Navas del Rey y Madrid.

Perfil y planta de un canal de absorción.

Perfiles del terreno cuaternario.

Zona entre el ferrocarril del Norte y el de Madrid á Zaragoza.

Zona entre el ferrocarril de Madrid á Zaragoza y el de Madrid á Cáceres.

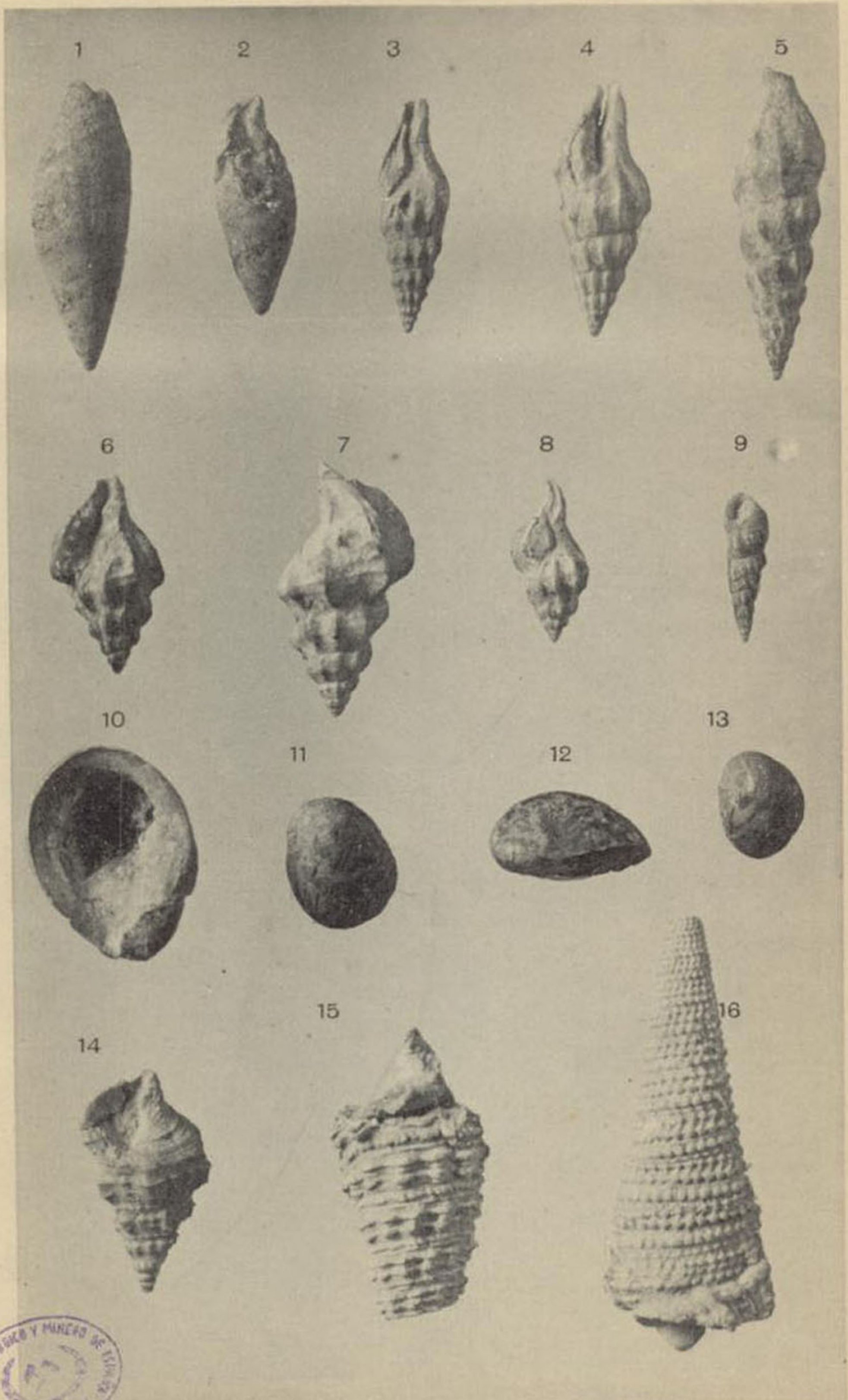
Zona entre Madrid, San Martín de Valdeiglesias y ferrocarril de Madrid á Alicante.

Alturas de agua equivalentes al volumen anual de las corrientes locales.



M. COSSMANN

ESTUDIO DE ALGUNOS MOLUSCOS EOCENICOS DEL PIRINEO CATALÁN



Fototipia de Hauser y Menet. - Madrid

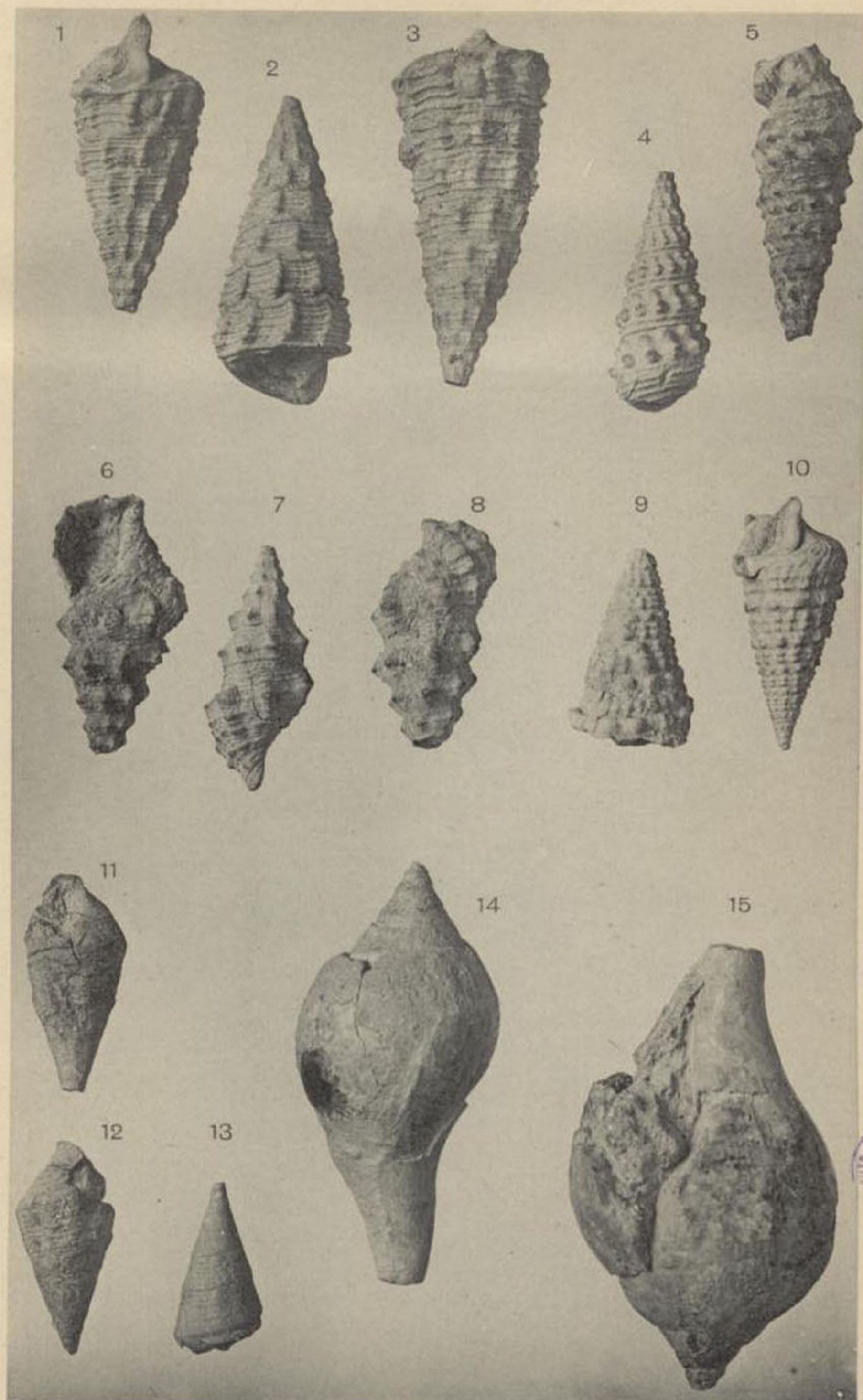
TAMAÑO TRIPLE DEL NATURAL

- | | | | |
|----------|--|----------|---|
| 1. 2. | <i>Ancilla nana</i> Rouault. | 10 á 13. | <i>Nerita Vidali</i> n. sp. |
| 3. 4. 5. | <i>Parvisipho (andonia) hispanica</i> n. sp. | 14. | <i>Benoistia Bofilli</i> n. sp. |
| 6. 7. 8. | <i>Murex Cortazari</i> n. sp. | 15. | <i>Potamides Peraubensis</i> n. sp. |
| 9. | <i>Diastoma aciculatum</i> n. sp. | 16. | <i>Potamides</i> cf. <i>Solerensis</i> Carez. |



M. COSSMANN

ESTUDIO DE ALGUNOS MOLUSCOS EOCENICOS DEL PIRINEO CATALÁN



Fototipia de Hauser y Menet. - Madrid

TAMAÑO NATURAL

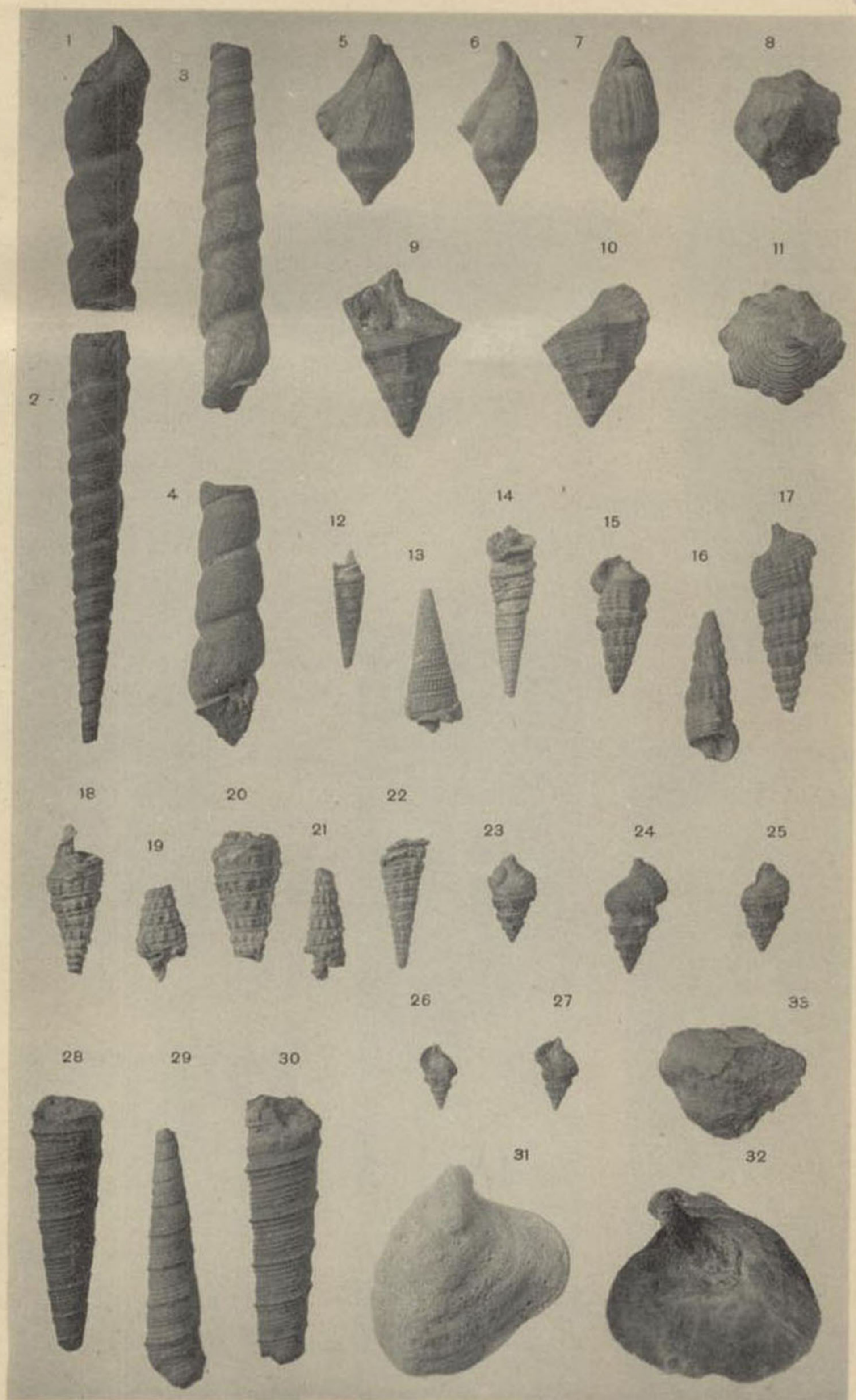
1. 2. 3. *Potamides tactóspira* n. sp.
 4. 5. *Batillaria supracincta* n. sp.
 6. 7. 8. *Benoistia Vidali* n. sp.

9. 10. *Potamides inaequirugatus* Cossm.
 11. 12. 13. *Goniobasis ? Vidali* n. sp.
 14. 15. *Sycum Pyrenaicum* n. sp.



M. COSSMANN

ESTUDIO DE ALGUNOS MOLUSCOS EOCENICOS DEL PIRINEO CATALÁN



Fotografía de Hauser y Menet. - Madrid

TAMAÑO NATURAL

- | | | | |
|---------------|---|-----------|---|
| 1. 2. 3. 4. | <i>Turritella cylindracea</i> n. sp. | 18. á 22. | <i>Potamides Peraubensis</i> n. sp. |
| 5. 6. 7. | <i>Melanopsis Malladai</i> n. sp. | 23. á 27. | <i>Benoistia Bofilli</i> n. sp. |
| 8. 9. 10. 11. | <i>Benoistia pyramidatum</i> n. sp. | 28. á 30. | <i>Turritella ataciana</i> D'Orb. Var. <i>peraubensis</i> n. Var. |
| 12. 13. 14. | <i>Potamides</i> cf. <i>Solerensis</i> Carez. | | |

P. FLICHE

NOTA ACERCA DE ALGUNOS VEGETALES TERCIARIOS DE CATALUÑA



FIG. 6.



FIG. 4.



FIG. 5.



FIG. 1.

FIG. 3.



FIG. 2.



FIG. 7.



Fototipia de Hauser y Menet. - Madrid

1. 2. 3. 4. 5. *Laurus (Fhœbe) Vidali n. sp.*
 6. *Cinnamomum lanceolatum (Ung.) Heer.*
 7. *Sassafras sp.*





MAPA GEOLOGICO DEL PAIS VASCONGADO.

Escala de 1:400.000.

Signos.

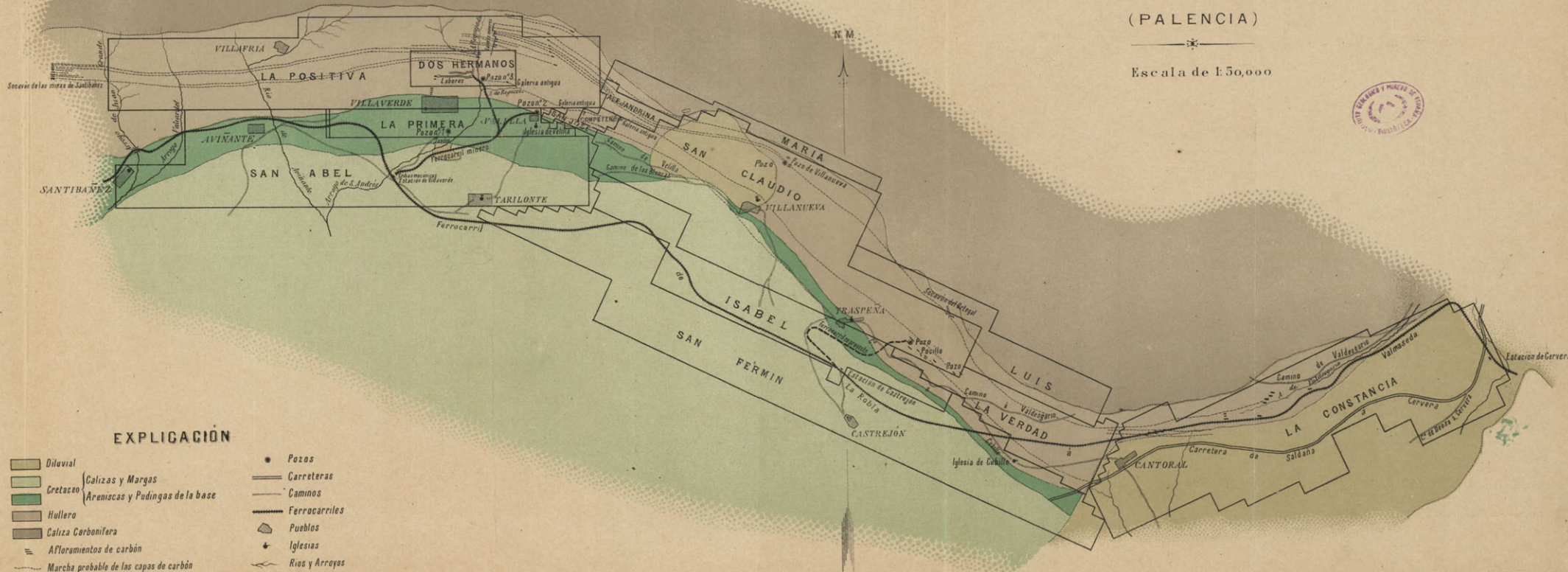
GEOLOGICOS.		TOPOGRAFICOS.	
ROCAS SEDIMENTARIAS.	ROCAS ERUPTIVAS.		
PRIMARIO	Granito	● CAPITAL de provincia	
T Trásico	Piedra	● CABEZA de partido judicial	
J Jurásico	Traquita	○ Villa	
I Infucretácico	Ofita	○ Lugar ó Aldea	
C Cretáceo		△ Vértice de triangulación geodésica y altitud en metros.	
E Eoceno inferior		— Ferrocarrietas	
S Eoceno superior		— Carreteras	
O Oligoceno		— Límite de Nación	
M Mioceno		— Id. de Provincia.	
A Cuaternario		— Rio y Arroyos	

Este Mapa ha sido formado con los datos de las Comisiones Geológicas oficiales de España y Francia por el Ingeniero Jefe del Cuerpo de Minas.
Don Ramón Adán de Yarza-1905.

PLANO GEOLOGICO MINERO DE LA PARTE ORIENTAL DE LA CUENCA CARBONIFERA DE GUARDO

(PALENCIA)

Escala de 1:50,000

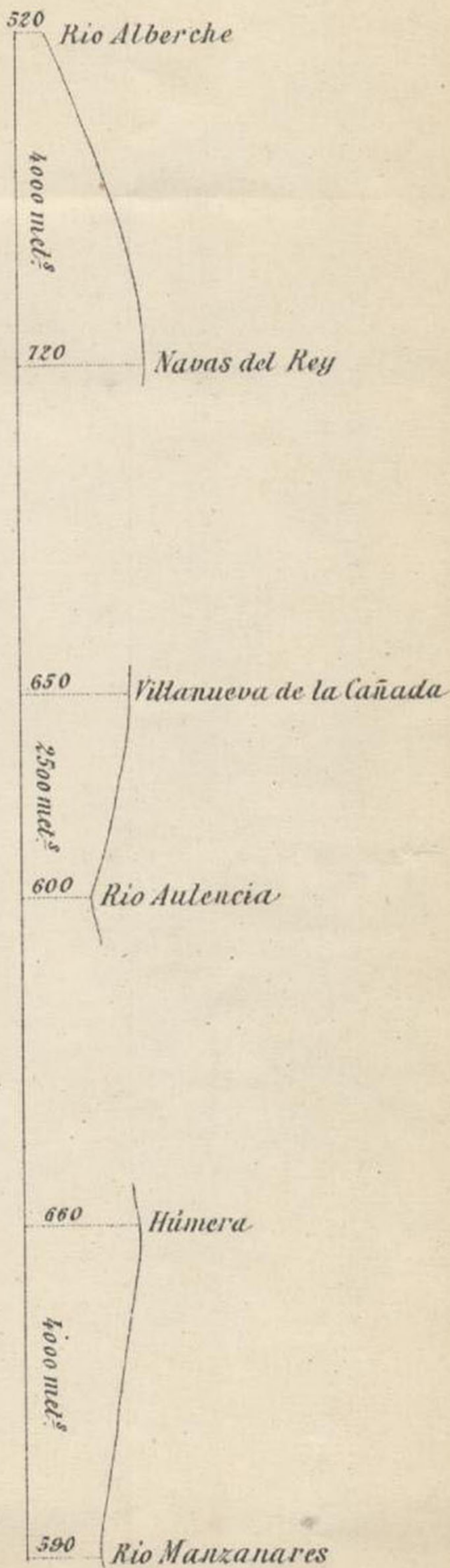
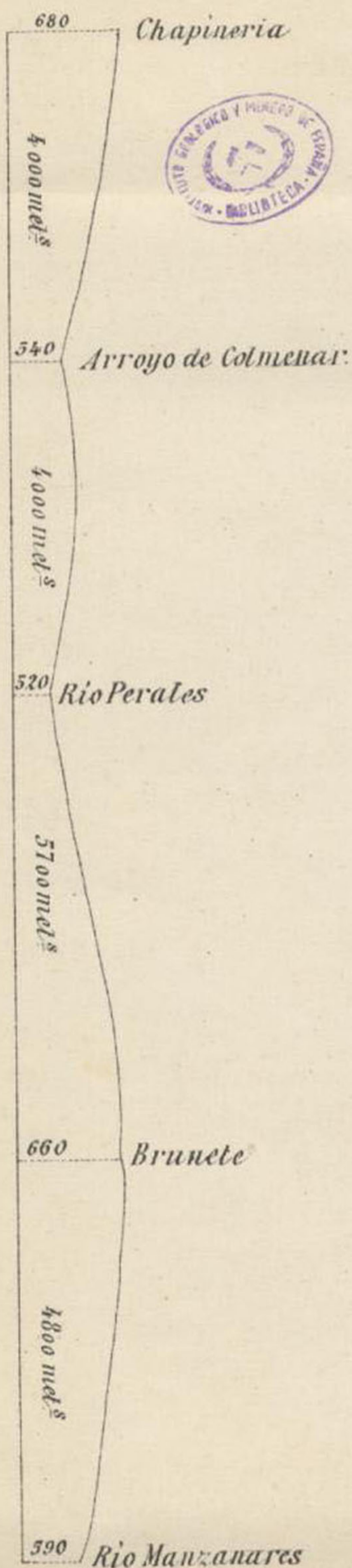


EXPLICACIÓN

- | | | | |
|--|---|--|----------------|
| | Diluvial | | Pozos |
| | Cretáceo | | Carreteras |
| | Calizas y Margas
Areniscas y Pudingas de la base | | Caminos |
| | | | Ferrocarriles |
| | Hullero | | Pueblos |
| | Caliza Carbonífera | | Iglesias |
| | Afloramientos de carbón | | Rios y Arroyos |
| | Marcha probable de las capas de carbón | | |

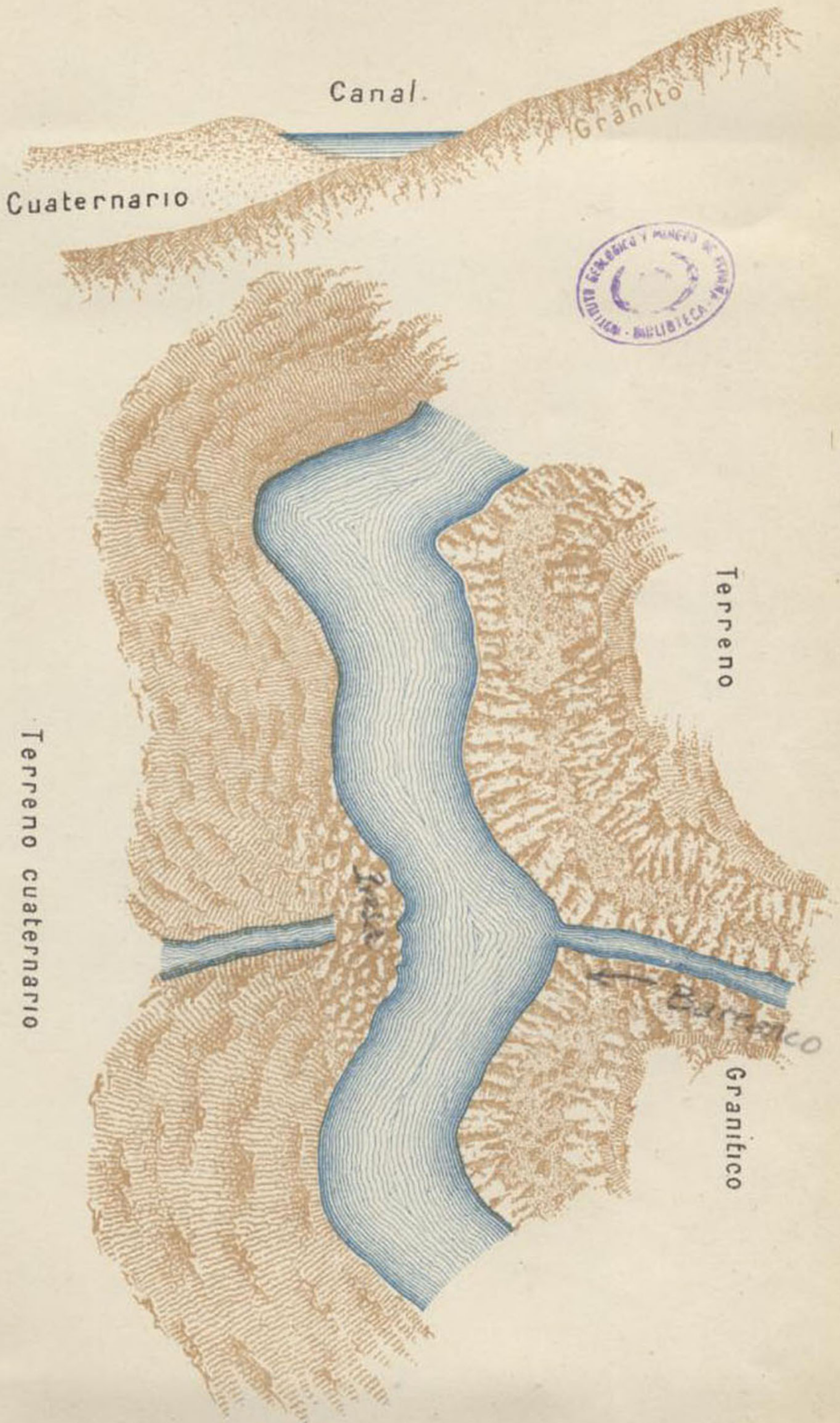


Perfiles del terreno cuaternario



H. Bentabol

PERFIL Y PLANTA DE UN CANAL DE ABSORCIÓN



H. Benlaból.

COMISIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

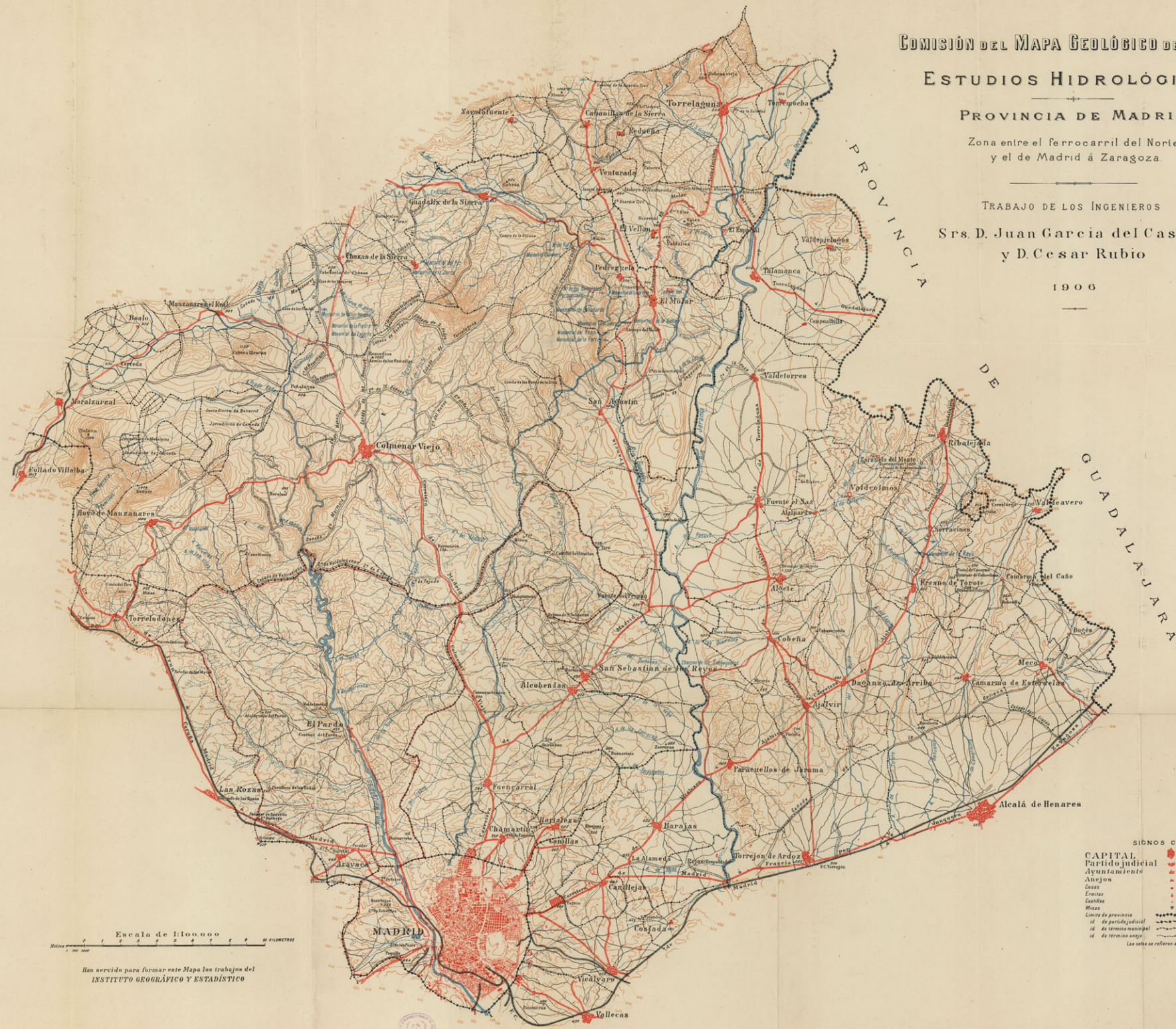
PROVINCIA DE MADRID

Zona entre el ferrocarril del Norte
y el de Madrid á Zaragoza.

TRABAJO DE LOS INGENIEROS

Srs. D. Juan Garcia del Castillo
y D. Cesar Rubio

1900



Escala de 1:100,000
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 KILOMETROS

Han servido para formar este Mapa los trabajos del
INSTITUTO GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO

SIGNOS CONVENCIONALES

CAPITAL	●	Ferrocarril	—
Partido judicial	○	Cuervitera	—
Ayuntamiento	○	Cañada	—
Anejos	○	Comun. carreteras	—
Casas	○	id. ferrocarril y senda	—
Ermitas	○	id. de ferrocarril	—
Castillos	○	id. de ferrocarril y senda	—
Minas	○	Riaca y rroya y lagunas	—
Limites de provincia	—	Moscatiles y fuentes: pozos	—
id. de partido judicial	—	Cañales	—
id. de término municipal	—	Acueducto de riego	—
id. de término canga	—	Canal de riego y sus caudales	—
		Id. de riego de irrigación y otras	—

Los datos se refieren al nivel medio del mar en Alicante.

COMISIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA.

ESTUDIOS HIDROLÓGICOS.

PROVINCIA DE MADRID.

Zona entre los ferrocarriles de Madrid a Zaragoza y de Madrid a Cáceres y Portugal.

TRABAJO DE LOS INGENIEROS

Srs D. Rafael Sanchez Lozano
y D. Mariano Alvarez Aravaca.

1906.



SIGNOS CONVENCIONALES

CAPITAL		Perros de agua	
Partido judicial		Carreteras	
Ayuntamiento		Cadales	
Aldeas		Caminos carretables	
Casas		de hierro y onda	
Cerros		Cercos	
Castillos		Ruinas y ruinas	
Mozos		Manantiales	
Limite de provincia		Canales	
de partido judicial		Aljibes de riego	
de término municipal		Cercos de arbol y paja o matorral	
de término antiguo		Vertidos de agua y otras	
		Los cotos se reflejan al nivel medio del mar en Alicante	

Escala de 1:100,000

Han servido para formar este Map los trabajos del INSTITUTO GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO

COMISIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

PRÓVINCIA DE MADRID

Zona entre Madrid San Martin de Valdeiglesias y el ferrocarril de Madrid á Alicante.

TRABAJO DEL INGENIERO JEFE

Sr. D. Ramon Adan de Yarza

1906



SIGNOS CONVENCIONALES

CAPITAL		Ferrocarril	
Partido judicial		Carretera	
Ayuntamiento		Cahada	
Anejos		Caminos carreteros	
Casas		id. de herradura y senda	
Eremitas		Cercos	
Castillos		Mojas, arroyos y lagunas	
Miños		Masas de agua y fuentes puestas	
Limite de provincia		Canales	
id. de partido judicial		Arroyos de riego	
id. de término municipal		Corros de mala agua en montes	
id. de término cargo		Viveros de irrigacion y otras	

Los cotos se refieren al nivel medio del mar en Alicante

Escala de 1:100,000
Metros 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 KILOMETROS

Han servido para formar este Mapa los trabajos del INSTITUTO GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO



ALTURAS DE AGUA EQUIVALENTES AL VOLUMEN ANUAL DE LAS CORRIENTES LOCALES

