

I/10-47

NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO
DE
ESPAÑA

NÚMERO 14



MADRID
Gráficas Reunidas, S. A.
Hermosilla, 106
1945

**EL SISTEMA OROGRAFICO
EURASIATICO**

POR

E. CUETO Y RUI-DIAZ

INGENIERO DE MINAS

E. CUETO Y RUI-DIAZ

INGENIERO DE MINAS

EL SISTEMA OROGRAFICO EURASIATICO

GENERALIDADES

El perfil transversal de Asia desde el Océano Glacial Artico al Océano Indico, trazado por Sievers (fig. 1), pone de manifiesto que el norte de aquel continente está formado, en su mayor parte, por la llanura siberiana, la cual, en su borde meridional, se transforma progresivamente en una región caracterizada por colinas de reducida elevación. Más al sur se levanta la primera zona de marcado carácter orográfico, que es la constituida por el Altai Ruso y las Cordilleras Baikálicas, algunos de cuyos macizos sobrepasan los 4.000 metros de altura. El vasto país situado al norte de esta zona vierte sus aguas, por los caudalosos ríos de Siberia, al Océano Glacial Artico.

Aparecen después en el perfil, marchando en dirección al Océano Indico, las Montañas Mongólicas, de formas alomadas y seniles, como las antes nombradas, y teniendo elevaciones algo superiores a las de éstas.

Más al sur se encuentra el imponente sistema orográfico del Tianchán o Montañas Celestes, cuya cima culminante, el Khan-Tengri, que no figura en el perfil, tiene 7.200 metros de elevación. Incluye este grupo de cordilleras un rasgo morfológico digno de especial mención: la denominada Hoya de

Tianchán, la cual desciende hasta 220 metros por bajo del nivel del mar.

El pie meridional de las montañas que acaban de ser mencionadas limita, por el norte, la amplia depresión semidesértica del Turquestán oriental o de Tarim, la cual ocupa el centro de un vasto territorio, cuya más notable característica fisiográfica es el carecer de desagüe directo al mar. Algunos de los pequeños ríos que por ella discurren se pierden en las arideces de los desiertos, mientras que otros desaguan en los numerosos lagos de la región, siendo el Lob-nor, situado en el punto más bajo de la depresión (a 900 metros de altura), uno de los más importantes.

La cuenca de Tarim está limitada, en su orilla meridional, por la zona montañosa del Tibet, comprendida entre las cordilleras del Kuenlun y el Transhimalaya, la cual se distingue por su considerable elevación media sobre el nivel del mar, pues muchos de sus valles se hallan a más de 4.000 metros de altura.

Al sur del Transhimalaya, y separado de él por el dilatado valle por donde corren, en dirección opuesta, los ríos Indo y Brahmaputra, se yergue el ingente grupo de cordilleras del Himalaya, que se caracteriza, como es bien sabido, por su extraordinaria elevación y su relieve alpino y juvenil, excediendo varios de sus grupos orográficos los 8.000 metros de altura.

En el límite meridional de la barrera del Himalaya se inicia la extensa llanura de Bengala, la cual se prolonga, con reducidísima altura y pequeños desniveles, hasta la costa del Océano Indico. Toda la porción de Asia situada al sur del Transhimalaya vierte aguas a este último Océano.

Conclúyese de lo dicho que el continente asiático está integrado, en concepto morfológico, por dos grandes llanuras, formando la septentrional el borde del Océano Glacial Artico

y la meridional el del Océano Indico, entre las cuales se halla comprendida una ancha faja montañosa compuesta por cordilleras cuya altura y aspereza crecen gradualmente de norte a sur.

Ed. Suess distingue en dicha faja montañosa tres grupos primordiales, a saber: el más meridional, que es también, a juicio del célebre geólogo, el más moderno, denominado "Los Alpides"; el central, producto, principalmente, de los ciclos orogénicos caledoniano y hercínico, llamado "Los Altaides"; por fin, el septentrional, debido en su mayor parte a las orogénias precámbricas, y nombrado "Los Sajánides".

Recordadas sucintamente las líneas generales del relieve de Asia, vamos a describir, con algún detalle, el sistema del Himalaya, que es el elemento orográfico más importante de "Los Alpides".

EL HIMALAYA

Con una longitud de 2.400 kilómetros se extiende el arco orográfico del Himalaya (fig. 2), formado por un grupo de altísimas y fragosas cordilleras, desde Assam hasta Punjab, teniendo una anchura media en el oeste y centro de 250 kilómetros, la cual en el este queda reducida a 200 kilómetros. Su dirección, en la mitad occidental, es de noroeste a sudeste, aproximándose en la mitad oriental, como consecuencia de volver el arco su convexidad hacia la llanura índica, a la dirección de los paralelos. No obstante estar íntimamente ligado el Himalaya, en el aspecto tectónico y orográfico, a la gran faja montañosa del Asia Central, puede ser considerado como su límite boreal el valle por donde corren, paralelos a las cordilleras, los ríos Indo y Brahmaputra, los cuales nacen en regiones muy próximas. Ambos ríos, después de correr en centenares de kilómetros, con la dirección expresada, se aco-

dan bruscamente hacia el sur, constituyendo las gargantas por donde atraviesan la gran cordillera los límites oriental y occidental de la misma. El borde meridional del Himalaya está definido con mayor claridad, pues lo forma el límite norte de la vasta llanura arcaica de la India, la cual contrasta vivamente, por su monótona morfología y su pequeña altura sobre el nivel del mar, con la muralla del Himalaya y su fragoso relieve. El desnivel entre el Himalaya y la meseta india pasa, en muchos lugares, de 8.000 metros. Las diferencias de altura de la vertiente norte, aunque más reducidas, todavía pueden ser calificadas de extraordinarias, pues el macizo de Nanga Parbat, situado en el extremo occidental de la cordillera, se eleva a 7.000 metros sobre el valle superior del Indo.

El Himalaya se caracteriza, desde el punto de vista orográfico, por encontrarse en él, como todo el mundo sabe, las cimas más altas de la Tierra, pues contiene ocho grupos montañosos que sobrepasan los 8.000 metros. Su pico culminante, y, por tanto, el gigante de las montañas terrestres, es el monte Everest o T'chomo Lugma, como le denominan los tibetanos, cuya altura sobre el nivel del mar, según las últimas medidas, es de 8.882 metros, siguiendo a éste el Kangchendsöngka con 8.603 metros, sólo 16 metros más bajo que la segunda elevación del Mundo, que es el K² o Godwin Austen, el cual no se halla en el Himalaya, sino en el Karakorum, cordillera perteneciente a la prolongación occidental de aquél. Parece existir en este sistema un nivel general de cumbres análogo al *Gipfelflur* de los Alpes europeos, pero en él no están incluidos los picos más elevados, los cuales descuellan, altivos y solitarios, de 1.500 a 2.000 metros sobre aquel nivel.

La considerable altura del territorio tibetano con relación a la llanura india ha inducido a algunos geólogos a admitir una acusada disimetría del Himalaya, a la que se deberían, según aquéllos, los grandes desniveles que ofrece el borde

externo del arco orográfico, es decir, el borde convexo, comparado con los que se observan en la orilla interna del mismo; pero, como ya se ha hecho notar, el pretendido contraste entre las dos vertientes de la cordillera se halla muy atenuado por la existencia del hondo valle por donde corren los ríos Indo y Brahmaputra.

No obstante la grande elevación del sistema del Himalaya no constituye éste, como antes se ha dicho, la divisoria hidrográfica entre la feraz India peninsular y la árida región del Asia Central, que carece de desagüe directo al mar. Los ríos y arroyos que descienden por la ladera norte del Himalaya se incorporan una parte al Indo y otra al Brahmaputra, corriendo sus aguas, por tanto, lo mismo que las que bajan por la ladera sur, hacia el Océano Indico. De los tres grandes ríos que bañan la llanura de Bengala, los dos citados tienen sus fuentes en el derrame septentrional del Himalaya, naciendo el Ganges en la vertiente meridional del mismo. La divisoria de aguas entre la región de desagüe periférico y la de desagüe central se encuentra, por tanto, más al norte, es decir, en el Transhimalaya o Cordillera de Hedin.

Las profundas y largas quebradas por donde fluyen los ríos que atraviesan el Himalaya dividen naturalmente a éste en segmentos o macizos, como los tres siguientes, enumerados de poniente a levante: el comprendido entre el Indo y el Satley; el que se halla entre este último río y el Sikkin; por fin, el limitado por el Sikkin y el Brahmaputra. Esta división, muy importante en concepto orográfico, ofrece para nuestro objeto mucho menor interés que la basada en el estudio del desarrollo geológico de la cordillera, el cual permite dividir el Himalaya en tres grandes zonas tectónicas longitudinales, a saber: 1.^a La "zona septentrional o tibetana"; 2.^a La "zona central o del Himalaya"; 3.^a La "zona del Subhimalaya". Con el fin de poner de manifiesto los fundamentos de esta divi-

sión, se reproduce (pág. 11) el cuadro de formaciones del Himalaya, compuesto por Hayden y Heron (1932), geólogos que han publicado importantes monografías consagradas al estudio de dicha gran cordillera.

La simple inspección del cuadro demuestra la peculiar significación geológica de cada una de las zonas nombradas, pues la central está formada, casi exclusivamente, por rocas arcaicas y proterozoicas; la zona tibetana comprende la casi totalidad de las series estratigráficas paleozoica y mesozoica, caracterizándose, además, por la abundancia de niveles marinos, y la zona del Subhimalaya se distingue por estar compuesta principalmente por sedimentos terciarios, en su mayor número de *facies* continental.

ZONA CENTRAL.—La “zona central o del Himalaya”, constituida principalmente por gneis, pizarras cristalinas y granito, fué considerada durante mucho tiempo, lo mismo que las zonas análogas de otras grandes cordilleras, como perteneciente a las formaciones precámbricas, esto es, al Arcaico y al Proterozoico; pero en los últimos años, algunos geólogos, entre ellos Wadia, Misch y Leuchs, mantienen el punto de vista de que la mayor parte de las masas graníticas y cristalinas de aquella zona son de edad terciaria. He aquí, a grandes rasgos, cómo explican los citados autores el modo de formación de la faja gneílica central.

No niegan aquéllos que el Himalaya haya estado sometido, en el curso del Precámbrico, el Paleozoico y los primeros tiempos del Mesozoico, a movimientos orogénicos de cierta amplitud; pero propugnan que los plegamientos del terciario, es decir, los propiamente alpinos, fueron de tal intensidad que destruyeron totalmente la estructura antigua, debiéndose exclusivamente a ellos los rasgos principales de la actual tectónica, sin excluir las tres zonas en que puede ser dividida la cordillera.

CUADRO DE FORMACIONES DEL HIMALAYA

Según HAYDEN y HERON, 1932

	ZONA DEL SUBHIMALAYA	ZONA DEL HIMALAYA	ZONA TIBETANA	Pleistoceno.	Plioceno.	Mioceno.	Oligoceno.	Eoceno.	Cretáceo.	Jurásico.	Triásico.	Permiano.	Carbonífero.	Devoniano.	Siluriano.	Cambriano.	Proterozoico.	Arcaico.

Los expresados plegamientos fueron, además, acompañados de viva actividad eruptiva, la cual determinó numerosas intrusiones de magmas, la mayor parte de ellos de naturaleza ácida y algunos de composición básica. Las fuertes presiones y las altas temperaturas que, como consecuencia de esto, se produjeron, originaron fenómenos de metamorfismo capaces, a juicio de los partidarios de esta teoría, de modificar profundamente las rocas sujetas a su acción. Dichos fenómenos adquirieron particular poder transformador en la región axial del Himalaya, perdiendo gradualmente las rocas que la integran su carácter sedimentario, y trocándose, a la larga, en los granitos y pizarras cristalinas actuales.

A la anterior explicación pueden ser hechas varias objeciones. La posibilidad de la transformación de las rocas sedimentarias en cristalinas, por dínamo-metamorfismo o por metamorfismo de contacto, no es puesta hoy en duda por ningún geólogo, pero sólo es admitida cuando se conocen hechos que hacen patente la transformación. Esta, como es bien sabido, no es nunca completa, sino que tanto las rocas sedimentarias como las eruptivas son convertidas parcialmente en pizarras cristalinas, observándose con frecuencia un paso gradual de las primeras a las segundas, lo que demuestra de un modo concluyente la transformación. Otra prueba del fenómeno la constituyen los restos orgánicos contenidos en las rocas sedimentarias, los cuales, en ocasiones, se encuentran perfectamente conservados en las rocas cristalinas en que aquéllas se convirtieron. Estos hechos, únicos que autorizan a afirmar la filiación sedimentaria de las pizarras cristalinas, no parece que hayan sido observados por los geólogos que estudiaron la zona central del Himalaya, la cual, por su homogeneidad petrográfica, el intenso plegamiento de sus estratos, la total transformación de éstos y, finalmente, su marcado carácter

azoico, debe ser considerada como análoga, si no idéntica, a la región fenoescándica, al escudo canadiense, a la meseta brasileña y al continente de Gondwana; es decir, como perteneciente a los terrenos arcaico y proterozoico.

Algunos de los geólogos que defienden la edad terciaria de la zona central del Himalaya (entre ellos Wadia) han reconocido la analogía de algunas de las rocas que la forman con las arcaicas de la península india, y para explicar este hecho, contradictorio de su teoría, suponen que la tierra de Gondwana se prolonga por debajo de la zona del Subhimalaya, reapareciendo en algunos lugares, más al norte, como consecuencia del plegamiento alpino. La zona central, por tanto, estaría formada, con arreglo a esta opinión, por dos clases de rocas cristalinas idénticas petrográficamente, pero muy distintas en cuanto a su edad, pues unas pertenecerían al arcaico y otras al terciario; interpretación difícil de admitir, siendo más lógico concebirlas a todas como teniendo un mismo origen y una misma edad, es decir, como producto de las poderosas acciones metamórficas características de los tiempos precámbricos.

Algunos cortes estratigráficos del Himalaya ponen de manifiesto, de modo indubitable, lo que se acaba de decir. Se reproduce, como ejemplo (fig. 3), el trazado por Wadia, que, partiendo de la cordillera principal con dirección nor-nordeste sur-sudoeste, pasa a través de la cuenca de Cachemira, cortando después la zona autóctona y el *vorland* himaláyico. La base está constituida por las rocas cristalinas que forman las altas cimas de la zona central, sobre las cuales se apoyan las capas llamadas de Purana, correspondientes al Proterozoico. Sobre éstas descansa el paleozoico inferior, al que se superpone el Carbonífero y el Triás, coronando todo el conjunto algunos horizontes del Cretáceo y del Eoceno. La superposición, completamente normal, de los terrenos permite

afirmar la edad precámbrica de las rocas que integran la zona central. El examen de la sección del macizo de Nanga-Parbat, uno de los mejor estudiados del Himalaya, conduce a la misma conclusión.

Confirma la expresada edad del gneis central del Himalaya el análisis del cuadro de formaciones de esta montaña, antes citado. Conforme a él, el arcaico y el proterozoico se hallan perfectamente desarrollados en la zona axial, siguiendo a estos terrenos una laguna estratigráfica que se extiende hasta el Devoniano, el cual está representado, aunque de modo inseguro por carecer de fósiles, por pizarras y cuarcitas. El Carbonífero empieza en la zona central por un tramo compuesto por lechos de pizarra arcillosa con bloques de cuarcita y otras rocas, el cual, por su constitución, es considerado por algunos geólogos como una verdadera "tilita", lo que, si llegara a confirmarse, demostraría la existencia en la zona, o en su proximidad, durante el Carbonífero, de altas montañas cubiertas de glaciares. Dicho tramo termina con un delgado banco de caliza. El horizonte superior del Pérmico y el inferior del Trías, también han sido identificados en la zona de que se habla. El Mesozoico y el Terciario, puede decirse que faltan por completo, pues sólo han sido reconocidos los granitos procedentes de las erupciones ocurridas durante el Oligoceno. Esta constitución estratigráfica sólo puede ser comprendida admitiendo que la zona central del Himalaya fué emergida como consecuencia de movimientos orogénicos acaecidos en el proterozoico, conservando después, hasta la época actual, una inflexible tendencia a la elevación, pues sólo algunas veces, y por tiempo muy reducido, fué cubierta de nuevo por el mar. El carácter continental de la zona demuestra, por otra parte, sus estrechas relaciones genéticas con la tierra de Gondwana, de la que, sin embargo, difiere por su extrema y persistente movilidad.

De todo lo dicho se concluye que aunque no puede negarse que el dinamismo alpino, juntamente con las intrusiones de magmas que le acompañaron, han podido ser causa de importantes fenómenos metamórficos, no parece verosímil que éstos hayan sido lo bastante poderosos para originar la zona cristalina del Himalaya, la cual, por su imponente longitud, su uniformidad petrográfica y la ausencia de restos orgánicos, sólo puede ser producto de las singulares condiciones fisico-químicas que imperaron en todo el planeta en las épocas más antiguas de su historia.

ZONA SEPTENTRIONAL O TIBETANA.—Esta zona se halla caracterizada por estar representados en ella la casi totalidad de los terrenos geológicos, y por el predominio, o, por lo menos, por la frecuencia de horizontes marinos, singularmente en el Mesozoico; lo que demuestra que una de las primeras consecuencias de la iniciación del proceso tectónico que, a lo largo del tiempo, había de dar origen a la zona central, fué la instauración, al norte de ésta, de un geosinclinal de cuyo seno surgió, como producto de repetidos actos orogénicos, la zona que vamos a reseñar.

Dicho geosinclinal comenzó a ahondarse en época muy antigua, como lo atestigua el hecho de que el zócalo de los sedimentos en él depositados lo constituyen capas pertenecientes al arcaico. También se conocen algunos niveles de pizarras arcillosas, cuarcitas y calizas que parecen corresponder al Proterozoico.

En la zona tibetana han sido identificados los tres tramos del Cambriano, y por lo que respecta al Siluriano, a juzgar por los fósiles recogidos, sólo existe el piso superior. Sobre éste se apoya una cuarcita, sin fósiles, que alcanza hasta mil metros de espesor, la cual, por la posición que ocupa en la serie estratigráfica, se cree que pertenece al Devoniano. El conglomerado de la base de este grueso sistema de estratos de-

muestra la existencia de anteriores movimientos orogénicos, que deben ser incluidos, por tanto, en el ciclo caledoniano.

En el Paleozoico superior se aprecia ya, con toda claridad, la profunda diferencia de *facies* de las zonas del Himalaya y tibetana, pues en la primera predomina el régimen continental, mientras que en la segunda comienzan a aparecer los sedimentos marinos. En algunas localidades, la cuarcita de que antes se ha hecho mención se convierte, hacia arriba, en una potente serie de calizas y pizarras, con fauna del Carbonífero inferior y medio.

El Permiano empieza con una caliza de fusulinas, a la que se superpone una serie formada, de abajo hacia arriba, de conglomerados, areniscas, calizas y pizarras con *productus*. La presencia de conglomerados en la base de este grupo prueba que, con posterioridad al Carbonífero, la zona de que se habla estuvo sujeta a importantes movimientos orogénicos, los cuales corresponden al ciclo herciniano.

Las formaciones de naturaleza litoral del Permiano contrastan con los sedimentos del Trías, constituidos en su mayor parte por calizas de *facies* alpina, lo que prueba la considerable profundización experimentada en aquella época por el geosinclinal en que se depositaron. Han sido identificados todos los pisos del Trías, los cuales tienen espesores muy desiguales, sumando entre los tres cerca de 1.000 metros, habiendo sido posible su precisa clasificación merced a los muchos horizontes fosilíferos encontrados en ellos.

No existe límite claro entre el Trías y el Jura, estando éste formado, en su base, por una caliza cuyo espesor pasa en algunos sitios de 600 metros. Sobre ésta yace una pizarra oscura perteneciente al Jurásico superior. Al techo de esta roca se halla una arenisca correspondiente al Neocomiense y al *gault* y, por fin, apoyándose en esta última roca, se encuentra

el Cretáceo superior, representado por calizas y pizarras con *hipurites*.

En esta época de la historia geológica, la porción occidental del geosinclinal de la zona tibetana, hasta entonces profunda, se fué tornando somera, como lo testimonia el depósito, en el valle superior del Indo y en la cadena de Zanskar, de un potente paquete de *flisch*, que en algunos sitios se muestra con espesores de hasta 3.000 metros. Según De Terra, que ha hecho un completo estudio de estas capas, los 300 metros de conglomerados, arkosa y arenisca de la base pertenecen al Cenomanense, superponiéndose a éste el Turonense y el Senonense, formados por rocas análogas, aunque con algunas intercalaciones de niveles marinos. Considerados en conjunto predominan, sin embargo, en estas formaciones los sedimentos continentales. La serie está coronada por un nuevo horizonte de conglomerado, de 100 a 150 metros de espesor, indicio de movimientos tectónicos ocurridos al final del Mesozoico.

En el Este del Himalaya, las condiciones del geosinclinal fueron muy distintas, pues en aquella región no existe la formación de rocas clásticas descrita, encontrándose, en cambio, la casi totalidad de las capas marinas de Tethys, que son las que predominan tanto en el Mesozoico como en el Terciario.

De la sucinta descripción que precede se infiere que el geosinclinal de la zona tibetana experimentó, en el curso de su historia, repetidos movimientos tectónicos, unos ascendentes y otros descendentes, predominando, considerados en conjunto, los segundos; hecho comprobado por los repetidos depósitos de sedimentos marinos, los cuales se presentan a veces con importantes espesores. Siendo, necesariamente, el origen del geosinclinal, como ya se ha dicho, un plegamiento correlativo del de sentido inverso que, en época remota, inició el levantamiento de la zona central, es lógico suponer que todos los movimientos posteriores del geosinclinal fueron el eco o

repercusión de otros acaecidos en la zona central, en la que, sin embargo, por estar emergida desde los tiempos precámbricos, y hallarse exenta de rocas sedimentarias, no han dejado aquéllos huellas apreciables.

El levantamiento definitivo de la zona y su incorporación a la faja central ya emergida se realizó, en la parte occidental, durante el Cretáceo, hecho puesto de relieve por el enorme espesor del *flisch* que en aquella época se depositó. En la porción oriental de la zona, el geosinclinal conservó su profundidad durante todo el Mesozoico y los primeros tiempos del Terciario, lo que fué causa de la constitución de los numerosos niveles marinos, de *facies* alpina, existentes en el Jurásico, Cretáceo y Terciario inferior. Al final del Eoceno sobrevinieron las deformaciones del suelo que alejaron al mar definitivamente de la región.

ZONA DEL SUBHIMALAYA.—En esta zona no son conocidos sedimentos anteriores al Pérmico, pues la base la constituyen las capas continentales de Gondwana (conteniendo lechos de carbón), existentes cerca del límite oriental de Nepal, cuya abundante flora ha permitido clasificarlas con precisión.

El tramo inmediatamente superior al Pérmico está formado, en su parte inferior, por capas continentales con restos de plantas y en la parte superior se encuentran lechos de caliza con fósiles marinos mal conservados, referidos, con muchas dudas, al Jurásico.

El Cretáceo tiene, en algunas localidades, espesores hasta de 1.000 metros, dominando en él los depósitos continentales, en los que, en algunas localidades, se intercalan delgados lechos marinos.

Las capas más modernas de la zona forman la serie llamada de Siwalik, de más de 5.000 metros de espesor, dividida en tres secciones, correspondiendo la superior al Plioceno, la media al Ponteniense y Sarmatiense y la inferior al Torto-

niense. El estudio del borde norte de esta zona de acarreo ha demostrado que, dondequiera que las capas de Siwalik están limitadas por rocas más antiguas, la superficie de contacto forma un salto de considerable altura, en el cual dichas capas se muestran siempre, desde Assam a Punjab, plegadas y ligeramente cobijadas. Esta dislocación es la denominada por los geólogos ingleses *main boundary fault*. A medida que el Himalaya adquirió relieve la zona se fué ensanchando hacia el Sur, siendo englobada paulatinamente en el plegamiento general y caracterizándose por una división en fajas, limitadas cada una de ellas por saltos paralelos al salto principal. Esta progresiva incorporación del *vorland* himaláyico a la zona plegada, juntamente con su segmentación, es considerada por Leuchs como un notable ejemplo de los empujes tangenciales que pueden ser producidos como resultado de las diferencias de nivel existentes entre un territorio tectónicamente activo y otro adyacente de naturaleza pasiva.

CONCLUSIONES.—No obstante las profundas diferencias, singularmente de orden estratigráfico, que separan las tres zonas descritas, entre los modos de formación de todas ellas existe tan estrecha dependencia que su conjunto, es decir, el sistema del Himalaya, necesariamente debe ser concebido como el resultado de un solo proceso orogénico. La zona central está formada por una larga faja de corteza terrestre, emergida del mar al final del proterozoico, la cual conservó su carácter de línea de relieve, en casi toda su extensión, hasta los tiempos actuales. La zona norte tiene historia muy distinta, pues surgió del fondo de un geosinclinal que, desde el precámbrico, no fué abandonado sino temporalmente, y no en todas las regiones, por el mar que en su origen le cubrió. Por fin, la zona meridional, aunque fué ocupada algunas veces por un mar somero, es, principalmente, de naturaleza limnica y fluvial, debiendo su existencia a los materiales depositados por

las fuerzas exógenas al pie de la cordillera que se alzaba más al Norte. La causa determinante de este proceso radica, sin duda alguna, en las acciones endógenas que levantaron la zona axial, hecho que inició, en el norte de ésta, la formación de un geosinclinal de igual dirección y que, más tarde, dió lugar, en el sur de la misma, a un gigantesco transporte de materiales detríticos. La zona activa, por tanto, fué la central, estando el desarrollo geológico de cada una de las otras dos íntimamente subordinado al de aquélla.

La zona central estuvo sujeta a repetidos movimientos, habiendo sido los dominantes los de sentido ascendente, pues los de dirección inversa no tuvieron, en ninguna época, amplitud suficiente para que las aguas del mar volvieran a cubrirla. Si se atiende a la fuerte inclinación de la mayor parte de las grandes fracturas longitudinales del sistema, a la extraordinaria elevación de la zona axial y, por fin, al moderado plegamiento de las zonas tibetana y del Subhimalaya, se debe admitir que aquellos movimientos debieron ser de dirección aproximada a la radial.

No hay en el Himalaya, a nuestro juicio, pruebas de grandes movimientos tangenciales análogos a los que ocasionaron las superposiciones de escamas exóticas y pliegues tendidos características de los Alpes europeos. Tampoco está demostrado que en el sistema a que se hace referencia la fuerza plegante haya obrado siempre de norte a sur, provocando arrastres y cobijaduras de igual sentido. El corte esquemático del noroeste del Himalaya, trazado por De Terra (fig. 4), aunque es citado por Leuchs como demostrativo de la estructura unilateral de estas montañas, más bien enseña que, en la mitad sur, dominan los empujes hacia el borde externo del arco orográfico, pero en la mitad norte las cordilleras principales (Zanskar, Ladak, etc.) aparecen volcadas en dirección opuesta, es decir, hacia el valle superior del Indo. Nada hay,

por lo demás, en dicho corte que recuerde el hacinamiento de pliegues del Simplón y de otros macizos orográficos de los Alpes (fig. 5).

La región de los *Klippen*, situada al noroeste de Hundes (Himalaya central), se creyó durante algún tiempo que constituía la prueba concluyente de amplios movimientos tectónicos hacia el sur. Sobre el Jura y la Creta plegados de dicha región se extiende una gruesa corriente de *trapp* (andesita), la cual incluye numerosos bloques de rocas sedimentarias de todas formas y tamaños, abundando los de caliza triásica, ricos en fósiles. Los primeros geólogos que examinaron los *Klippen* creyeron apreciar grandes diferencias, tanto petrográficas como paleontológicas, entre la caliza de aquéllos y la de igual edad geológica de la región; hecho que explicaban suponiendo que los fragmentos contenidos en el *trapp* pertenecían a un mando exótico, procedente de lugares situados muy al norte. Estudios posteriores, más completos, no comprobaron las supuestas diferencias, por lo que se admite hoy que los *Klippen* no son otra cosa que trozos de rocas sedimentarias profundas transportados a la superficie por corrientes de lava.

Divide Leuchs la historia del Himalaya en dos grandes épocas: la primera, a la que denomina "prehimaláyica", comprende desde el Arcaico hasta el Carbonífero superior, y la segunda, calificada por el mismo geólogo de "himaláyica", se extiende desde el Permiano hasta el Terciario. Los potentes movimientos tectónicos y las numerosas intrusiones de rocas ígneas de la segunda época arruinaron por completo, según dicho geólogo, la estructura geológica antigua, por lo que el Himalaya es una montaña de tipo estructural genuinamente alpino.

Consideramos más verosímil, y más en armonía con los hechos conocidos, que el Himalaya es el producto de un ininterrumpido proceso geodinámico, análogo al que originó

otras muchas cordilleras del Globo. Se inauguró aquel proceso con la formación de una importante unidad tectónica y orográfica, integrada por rocas arcaicas y proterozoicas, la cual, no obstante su remotísimo origen y el fuerte estrujamiento que experimentó con anterioridad al Cambriano, conservó a través de todo el tiempo geológico una excepcional movilidad, circunstancia que le permitió, durante las deformaciones orogénicas del Terciario, levantarse a una altura que supera a la de todas las demás montañas de la Tierra. A este núcleo antiguo se adicionaron después, sucesivamente, tanto por el norte como por el sur, unidades tectónicas cada vez más modernas, caracterizadas las septentrionales por el predominio de capas marinas y distinguiéndose las meridionales por la naturaleza continental de sus estratos.

Este modo de formación explica de modo natural las principales características geológicas y fisiográficas del Himalaya, a saber: 1.º Su división en tres zonas tectónicas paralelas netamente diferenciadas. 2.º Las acentuadas peculiaridades, tanto petrográficas como paleontológicas, de cada una de estas zonas. 3.º La extraordinaria elevación y la morfología alpina de la zona central.

También permite esclarecer dicho proceso el sistema hidrográfico del Himalaya. Son de opinión la mayor parte de los geólogos modernos, siguiendo la teoría sustentada, para casos análogos, por el americano Davis, que el Indo y el Brahmaputra son "ríos consecuentes", es decir, ríos que, antes de adquirir el Himalaya su actual relieve, corrían hacia el sur por la inclinada ladera que unía el Tibet con la llanura de Bengala. Los pliegues orientados de noroeste a sudeste, que se formaron después, se elevaron con suma lentitud, lo que permitió a los citados ríos, merced al alto poder erosivo que poseían, ahondar sus lechos en igual medida que se levantaron los pliegues, conservando, como consecuencia de esto, su

original dirección, la cual no se adapta a la estructura de la región por donde fluyen.

Esta última conclusión no concuerda, sino dentro de límites muy restrictos, con los hechos, pues tanto el Indo como el Brahmaputra corren en centenares de kilómetros paralelamente a las grandes zonas tectónicas del Himalaya, aunque después, acodándose bruscamente, se dirigen hacia el sur por hondas gargantas abiertas transversalmente a la cordillera. Este súbito cambio de dirección, análogo a otros muchos observados en todas las zonas quebradas de la Tierra, aunque en ninguna de la magnitud del de que se habla, se explica, a nuestro juicio, sin dificultad, admitiendo que los ríos nombrados se ajustaron en su origen a la tectónica de la región, pero que las intensas presiones orogénicas que, al final del terciario, obraron sobre el Himalaya, produjeron, singularmente en sus extremos (es decir, en la proximidad de su conjunción con el Karakorum y las Cordilleras Birmanas), angostas fracturas transversales por las que se precipitaron hacia el Océano Indico las aguas de dichos dos ríos. La energía mecánica de éstos, como resultado de la mayor pendiente de los nuevos álveos, se acrecentó considerablemente, lo que, combinado con el trabajo de los demás agentes de la dinámica externa, condujo a la transformación de las primitivas fracturas en las magmas quebradas actuales. En la formación de éstas, por tanto, llenaron la función primordial (en un lapso de tiempo relativamente breve) los agentes endógenos, mientras que las fuerzas exógenas realizaron, más lentamente, un trabajo secundario, aunque también de suma importancia. Sólo por esta combinación de acciones, unas internas y otras externas, se concibe que la garganta del Indo haya podido alcanzar la profundidad, ya citada, de 7.000 metros por bajo de la cima del Nanga-Parbat.

RELACIONES DE LOS ALPIDES ASIATICOS CON LOS ALTAIDES Y LOS SAJANIDES

No obstante haber sido descrito el Himalaya, por muchos geólogos, como una montaña surgida del seno del mar de Tethys, a consecuencia, principalmente, de movimientos orogénicos acaecidos en los tiempos mesozoicos y terciarios, es decir, como una montaña de indiscutible edad alpina, su desarrollo geológico, como acaba de verse, ha sido muy distinto, pues se inició en tiempos muy remotos y se continuó, interrumpida por diversas épocas anorogénicas, hasta los albores del cuaternario. Con el fin de indagar las relaciones de orden tectónico y morfológico que puedan ligar las cordilleras asiáticas calificadas de alpinas con las situadas más al norte, lo que equivaldrá a reducirlas a todas en un mismo sistema orográfico y a fijar la posición que, dentro de éste, ocupa cada una de ellas, vamos a analizar, con la brevedad posible, el modo de formación de otros dos grandes grupos de cordilleras, uno de ellos (el Tianchan) perteneciente a los Altai y otro (las Montañas Baikálicas) correspondientes a los Sajánides.

Por predominar en el Tianchan las rocas paleozoicas, como consecuencia de no haber sido invadido este sistema por el mar después del Carbonífero superior, es considerado por los geólogos como la montaña varisca por excelencia. Su dirección aproximada es de oriente a poniente, extendiéndose, con una longitud de cerca de 3.000 kilómetros, desde el desierto de Gobi a la llanura de Turan. Su anchura oscila entre 400 y 600 kilómetros, y constituye, por sus dimensiones, el elemento orográfico más importante de los Altai.

Son conocidas, en diversas partes del Tianchan, rocas cris-

talinas sobre las que se apoya el Cambriano, existiendo entre ambas formaciones una clara discordancia angular, por lo que a las primeras se las incluye en el Proterozoico. Es merecedora de particular mención una gran formación glacial, perteneciente a este último terreno, descubierta en la cordillera de Kuruk Tagh, correspondiente a la sección oriental del sistema, hecho demostrativo de que en aquella lejana época ya existían en el Tianchan, o en sus proximidades, altas montañas cubiertas de glaciares. No puede, por tanto, ser puesto en duda el origen precámbrico de esta cordillera.

Durante el Paleozoico ha habido en el Tianchan repetidas transgresiones marinas, seguidas de otras tantas regresiones, producidas estas últimas por movimientos orogénicos correspondientes a los ciclos caledoniano y herciniano. Al final del Carbonífero, o durante el Pérmico, el mar abandonó definitivamente la región, pues desde entonces sólo se registró una invasión procedente del oeste, es decir, de la llanura turánica, la cual ocupó temporalmente la depresión de Ferhana y una parte de la de Tarim, sin extenderse a la zona montañosa propiamente dicha.

No obstante haber conservado invariablemente el Tianchan, durante el Mesozoico y el Terciario, su carácter de línea de relieve, no se caracterizó, sin embargo, en estas épocas de la historia de la Tierra, por una particular estabilidad, pues no sólo no fué transformado, a lo largo de ellas, en una peniplanicie, sino que, en la actualidad, el Khan Tengri, su cumbre más elevada, sobrepasa en 200 metros al Aconcagua, que es el cerro culminante de los Andes. Las montañas alomadas y seniles, residuos de antiguas morfologías, alternan en el Tianchan con macizos de aspereza alpina, en los que son frecuentes los glaciares, algunos de los cuales tienen longitudes de cerca de 70 kilómetros. Estos rasgos fisiográficos ponen de manifiesto por sí solos que el relieve del Tianchan fué reavi-

vado repetidas veces, singularmente por las orogenias del Terciario.

De la energía con que éstas actuaron existen, además de las pruebas señaladas, otras no menos concluyentes. En muchas regiones del Asia Central, especialmente en las cuencas comprendidas en las zonas montañosas, se depositó durante el Mesozoico una potente serie de areniscas, conglomerados y pizarras conocida con el nombre colectivo de "Capas de Angara". Esta formación, de origen continental, tiene en ciertas localidades un espesor de más de 4.000 metros, incluyendo a veces tramos limnicos ricos en capas de carbón. La flora de éstos ha permitido clasificarlos con cierta precisión, correspondiendo la mayor parte de ellos al Jurásico. Las capas superiores, por tanto, pertenecen al Cretáceo, y las inferiores, al Triás.

En el Terciario también se depositó otra formación análoga, cuyo espesor alcanza a veces 1.000 metros. Carece de lechos de carbón, existiendo, en cambio, algunas capas que contienen yeso y sal, indicio del clima árido de la época en que se depositaron. Esta formación es conocida con el nombre de "Capas de Hanhai".

Unas y otras existen en el Tianchan. El corte esquemático de la sección central de esta cordillera, trazado por Leuchs (figura 6), muestra que, sobre rocas cristalinas y sedimentarias, pertenecientes, verosímilmente, las primeras al Arcaico y las segundas al Devoniano, yace transgresivo el tramo carbonífero de Visé, dividido en dos secciones, de las que, la más meridional, forma la cordillera principal del Tianchan. Más al sur asoman rocas correspondientes al Carbonífero superior, y, formando las estribaciones próximas a la cuenca de Tarim, se encuentran, cobijadas por el carbonífero, las capas de Angara y Hanhai. El corte indica la fuerte inclinación de éstas.

Una sección detallada de las capas de Hanhai, debida a Futterer (fig. 7), pone de relieve no sólo el intenso plegamiento de las capas terciarias, sino también el de otros sedimentos que, por la afinidad de su flora con la actual de la cuenca de Tarim, parecen pertenecer a los primeros tiempos del Pleistoceno.

En resumen: el sistema de Tianchan es el producto de un largo proceso geodinámico, comenzado en el Arcaico y proseguido hasta el Pleistoceno, debiéndose su actual elevación, y la morfología juvenil de muchos de sus macizos, a las últimas fases del ciclo orogénico alpino.

Los Sajánides comprenden la zona montañosa denominada por Suess *Alte Scheitel*, o culminación antigua, y están formados por un elevado número de cordilleras (con alturas que alcanzan pocas veces los 3.000 metros), de las cuales, las situadas al este del lago Baikal tienen la dirección general nordeste, y las que se hallan a poniente del mismo, la noroeste. A la primera de dichas direcciones se la denomina "baikálica", y a la segunda, "sajánida". Al sur del citado lago han sido observadas direcciones próximas a la norte-sur; pero esto puede ser resultado de las grandes dislocaciones que, en época reciente, originaron el lago Baikal, que, como es bien sabido, es el más profundo de la Tierra (1.700 metros); siendo, a nuestro juicio, lo más verosímil que las dos ramas orográficas citadas se unan formando un arco con la convexidad vuelta hacia el sur, a la manera del que describen las montañas de Mongolia, cuya estructura y constitución estratigráfica son muy análogas a las de los Sajánides, por lo que algunos autores las juzgan parte integrante de éstos.

Conforme a esta interpretación, los Sajánides forman el arco montañoso que limita por el sur la planicie de la Siberia central, la cual coincide con el continente antiguo, llamado por Suess "Tierra de Angara", supuesta masa arcaica oculta en

su mayor parte por el Paleozoico inferior y el Permo-carbonífero de la cuenca tunguska, pues de dicho continente (si ha existido) sólo es visible el relativamente pequeño macizo de Anabar. La extensión asignada por algunos geólogos a la Tierra de Angara es, por tanto, hipotética. No puede decirse lo mismo respecto al continente meridional, o "Tierra de Gondwana", pues el fragmento asiático de ésta ocupa la casi totalidad de la península indostánica.

En los Sajánides predominan las rocas arcaicas y proterozoicas, registrando su historia geológica antigua los siguientes episodios: orogenias arcaicas, transgresión proterozoica, incorporación de zonas plegadas por las dos orogenias proterozoicas y, finalmente, emersión definitiva como consecuencia de la segunda de éstas.

Los terrenos paleozoicos de la llanura siberiana se hallan, en general, en posición próxima a la horizontal; pero en el contacto con la región montañosa baikálica han sufrido plegamientos importantes, demostrativos de movimientos orogénicos tanto caledonianos como hercinianos.

No faltan pruebas, en la región de que hablamos, de movimientos más modernos. El corte geológico, de dirección aproximada este-oeste, de la cordillera de Chamar-Daban (situada al este del lago Baikal), trazado por W. Obrutschew (figura 8), muestra que la mayor parte de la montaña está formada por rocas arcaicas y proterozoicas, muy dislocadas y plegadas; pero en el extremo oriental del corte aparece, en posición transgresiva, el Jurásico, con fuerte buzamiento hacia el este. La base de la cordillera de que se habla fué, por tanto, cubierta parcialmente, mucho después de su primitiva elevación, por las capas del Mesozoico, las cuales fueron más tarde plegadas por movimientos que deben ser calificados de alpinos.

En la Transbaikalia se conocen, además, hechos que prueban la existencia de movimientos aun más modernos, pues en

esta región (constituída, tectónicamente, por hoyas y pilares) hay muchas depresiones en las que se depositaron capas limónicas del Terciario, las cuales se encuentran en ciertas localidades muy dislocadas.

De lo dicho se infiere que, no obstante haber sufrido los Sajánides, en los tiempos precámbricos, fuertes plegamientos acompañados de numerosas intrusiones magmáticas, conservación, hasta época muy reciente, un cierto grado de movilidad, a lo que se debe que no sólo las orogenias arcaicas y proterozoicas, sino también las caledonianas, hercinianas y alpinas, hayan impreso en ellos huellas más o menos profundas.

El rápido análisis que precede pone de relieve que el Tianchan y las Montañas Baikálicas no son, al igual que el Himalaya, resultado de un solo ciclo orogénico, sino que su desarrollo abarca la casi totalidad del tiempo geológico, pues se ha iniciado en el Arcaico y terminó, según todas las probabilidades, en el Pleistoceno. Las deformaciones tectónicas correspondientes a las varias épocas de la historia de la Tierra habrán sido diversas, en cuanto a su intensidad; pero acaso en ninguna de ellas hayan faltado manifestaciones de la actividad endógena, bien sea bajo forma de fenómenos orogénicos o bien como movimientos de carácter pirogénico.

Síguese de esto que, aunque en todos los Tratados de Geología se habla de montañas precámbricas, caledonianas, hercinianas y alpinas, esta clasificación cronológica de las formas de relieve, correlativa de la de igual género de los movimientos orogénicos, no puede ser admitida sin grandes restricciones. A los casos citados de montañas formadas durante varios ciclos orogénicos puede ser añadido el muy instructivo de los Alpes europeos, considerados como paradigma de montañas modernas, por lo que a todas las de esta edad se las califica de "alpinas". No obstante abundar en los Alpes los pliegues modernos, o sea aquellos que afectaron a sedimentos

mesozoicos y terciarios, los efectos de los movimientos de la era paleozoica, y quizá de la precámbrica, han sido reconocidos en los grupos nombrados "macizos centrales", los que emergieron del mar que los cubría, por primera vez, en época muy antigua, y donde se halla hoy, indudablemente como resultado de movimientos ascendentes modernos, el Montblanc, que es la cima más elevada de los Alpes.

La historia geológica de las montañas de Eurasia sólo puede ser explicada, a nuestro juicio, mediante un "fruncimiento general" del suelo de aquel continente, el cual ya inició, durante el Arcaico, el simultáneo levantamiento de todos los actuales sistemas orográficos. Comenzado el proceso orogénico, éste se desarrolló, a lo largo del tiempo geológico, obedeciendo siempre a las mismas leyes, aunque en condiciones locales muy variables, a las que se deben las diferencias estructurales, estratigráficas y morfológicas observadas.

Este modo de formación es, sin duda alguna, la causa de que las montañas de Eurasia puedan, como han demostrado los ensayos hechos por varios autores, ser incluidas en un esquema relativamente sencillo, el cual, además de poner de manifiesto la fisonomía orográfica del gran continente, permite explicar la configuración general de éste y las particularidades fisiográficas propias y específicas de los elementos geográficos que la integran, como las zonas montañosas, mesetas, depresiones tectónicas, penínsulas e islas adyacentes. El examen atento del esquema nos enseña que las numerosas cordilleras que integran el vasto sistema orográfico eurasiático, en ciertas regiones se agrupan formando apretados haces y elevando a alturas considerables el fondo de sus valles, como el Tibet; en otras toman direcciones divergentes, abriéndose entre ellas depresiones más o menos dilatadas; algunos sistemas, como el Tianchan, poseen largas alineaciones sensiblemente rectilíneas, pero, en su mayor número, las líneas direc-

trices describen amplios y repetidos arcos cuya convexidad se vuelve, en general, hacia el sur); finalmente, aunque la mayor parte de las ramas orográficas eurasiáticas se prolongan, casi sin interrupciones, hacia levante, muchas de ellas parecen rematar, hacia poniente, en la llanura de Turan y la Siberia Occidental, continuando solamente con este último arribamiento, hasta penetrar en Europa, el grupo más meridional.

Esta diversidad de circunstancias podría mover a admitir que el plegamiento de Eurasia, por razón de la extremada variedad de condiciones de su suelo, se había realizado de un modo completamente caprichoso; pero el esquema orográfico, juntamente con el estudio de la diversas cordilleras, pone de relieve los siguientes hechos generales, que demuestran la constancia de dirección del esfuerzo plegante y la armonía de movimientos por esta causa producida, es decir, la unidad del proceso orogénico. El primero de aquellos hechos es el aproximado paralelismo de los haces de pliegues que dieron lugar a los principales grupos orográficos. Otro carácter, correlativo del anterior, o acaso subordinado a él, es el paralelismo de los pliegues de distinta edad que integran una misma cordillera o, expresado en otros términos, que los pliegues de cada ciclo orogénico son "póstumos" con relación a los del anterior. Los pliegues diagonales (o pliegues "renegados", como los llama el orogenista Stille) constituyen raras excepciones. Por fin, las fracturas longitudinales de las cordilleras están sujetas también a la misma ley de paralelismo.

IDEAS DE SUESS, ARGAND Y KOBER ACERCA DE LA TECTONICA DE EURASIA

Como la explicación que de los hechos enumerados han dado notables geólogos discrepa de la que aquí se sustenta, juzgamos necesario analizar las ideas de aquéllos, comenzando

por las de Suess, desarrolladas en su magistral obra titulada *Das Antlitz der Erde*. Supone este autor que el empuje hacia el sur de la "Tierra de Angara", y las ondas terrestres de este modo producidas, determinaron el sucesivo levantamiento, de sus respectivos geosinclinales, de los varios sistemas orográficos del Asia Central: primero, los Sajánides; después, los Altaides, y, por fin, los Alpides; siendo el Himalaya la ondulación más meridional e importante de estos últimos. El fragmento índico de "Gondwana", unidad estructural ajena, según aquel geólogo, a la región plegada, permaneció pasivo durante este proceso, sirviendo de borde representante de los pliegues, es decir, llenando una función análoga a la de las costas, las cuales detienen y fuerzan a romperse a las olas del mar. Con arreglo a esto, el Himalaya es el miembro de la zona plegada que, al ponerse en contacto durante el Terciario con la masa rígida de la península indostánica, enlazó los dos continentes precámbricos nombrados, los cuales, durante el Paleozoico y el Mesozoico, habían estado separados por el mar de Tethys. No es fácil concebir, dicho sea esto con el debido respeto al sabio autor de esta teoría, cómo de los dos primordiales macizos antiguos de Asia, formados en la misma época y teniendo análoga historia geológica e idéntica composición petrográfica, sólo uno de ellos estuvo dotado de tan poderosa actividad.

Argand también emplea, para hacer comprender mejor sus ideas, una imagen hidrodinámica, pues asimila los plegamientos de los estratos a "flujos de materias plásticas" que se propagan por la corteza terrestre. Pero para él, tanto la Tierra de Angara como el Continente Indo-africano estuvieron animados desde su formación, es decir, desde el Cambriano, de movimientos de dirección opuesta, aproximándose, como consecuencia de esto, progresivamente uno a otro, hasta que, durante el Terciario, se estableció entre ambos estrecho con-

tacto. Pero el resultado de este duelo (como Argand lo denomina) no se redujo, como en la concepción de Suess, a hacer surgir de los geosinclinales nuevas cordilleras, sino que produjo otros efectos, los cuales, por las masas que han sido puestas en movimiento y la energía absorbida, son de mucha mayor trascendencia. El más importante de todos, y el que, en cierto sentido, domina a todos los demás, es la deformación de los zócalos continentales mediante lo que Argand llama *plis de fond*, los cuales afectan a zonas plegadas con anterioridad y "muertas" en concepto tectónico, esto es, a regiones incapaces por sí mismas de acentuar sus antiguos plegamientos y, por tanto, renovar su perdido relieve, por lo que sólo un poderoso esfuerzo tangencial pudo reanimarlas. Los pliegues profundos no son, según esta definición, el resultado de la reanudación de la actividad de la primitiva y ya enervada fuerza plegante, por lo que, aunque pueden ser paralelos a los antiguos, más bien son, en general, transversales a ellos.

El manto de terrenos sedimentarios que, en muchos territorios, se apoya sobre el basamento cristalino de los continentes, es englobado en los pliegues profundos, calificando Argand de *plis de couverture* a las deformaciones de este modo producidas.

Los pliegues profundos, por tanto, no surgen de los geosinclinales, sino que se forman en zócalos rígidos anteriormente plegados, dando lugar, en condiciones favorables, a cordilleras de enormes relieves y a veces conteniendo grandes cobijaduras. Estos pliegues son, según Argand, no sólo la reacción específica de los continentes frente al esfuerzo tangencial, sino también la principal manifestación del plegamiento en nuestro planeta. Su importancia durante el ciclo orogénico alpino ha sido extraordinaria, pues a ella se debe la actual configuración, no sólo de la denominada por Suess



culminación o divisoria antigua, y los sistemas del Altai, Tian-dhan y Kuen-Lung, sino también la de la zona central del Himalaya, a la que cree Argand un fragmento marginal de la India peninsular, doblado en un vasto pliegue profundo por un esfuerzo al que contribuyó en parte la energía restituida por las escamas exóticas, empujadas hacia el sur, de la zona tibetana.

Para el geólogo de quien hablamos, hasta los paroxismos alpinos no se realizó, como ya se ha dicho, la unión de la India peninsular con la antigua Eurasia, tornándose desde entonces solidarios los movimientos de ambas masas y debiéndose a este contacto no sólo el haber sido colmado el geosinclinal de Tethys por cordilleras modernas, sino otras deformaciones mucho más importantes, a saber: que todo el Asia, desde el Océano Índico al Océano Glacial Ártico, se frunció profundamente, tanto los zócalos cristalinos como las capas de rocas sedimentarias sobrepuestas a ellos. El relieve de este modo formado no sufrió con posterioridad otras modificaciones (excluidas las originadas por causas exógenas) que las introducidas por readaptaciones de naturaleza isostática.

En resumen: para Suess, el continente septentrional cratógeno se fué ensanchando mediante zonas plegadas que se incorporaron sucesivamente a él, hasta quedar, por fin, unido al bloque meridional pasivo, habiendo sido empujada sobre éste, impelida por una fuerza que obró hacia el sur, la más moderna de aquellas zonas; existiendo, por tanto, entre las cordilleras paleozoicas situadas en el norte y el Himalaya diferencias análogas a las que hay entre las olas del mar abierto y las que se rompen contra las costas. Argand admite un proceso no muy distinto, en lo esencial, del anterior, pero al que atribuye efectos mucho más extensos, pues supone que al chocar entre sí, durante el paroxismo alpino, las dos moles antiguas, toda Eurasia, desde el sur hasta el norte, fué pro-

fundamente dislocada, debiéndose a este último acto orogénico los rasgos primordiales de la actual fisonomía orográfica de aquel continente.

Las ideas de Kober no difieren en lo fundamental de las sustentadas por Suess y Argand, fuera de que aquel geólogo postula la existencia de un continente antiguo en el lugar que hoy ocupa el Pacífico septentrional, continente que forzó a los grupos de pliegues a doblarse hacia el norte, orientándose paralelamente a la costa de Asia.

A estas teorías pueden ser hechas varias objeciones, de las que sólo vamos a formular las dos que estimamos más decisivas. La primera se refiere a la existencia, según aquéllas, entre las tierras antiguas de Angara y Gondwana, de un mar más o menos profundo que se fué angostando gradualmente, hasta desaparecer al final del Terciario; mar que, por tanto, necesariamente ha debido incomunicar durante el Paleozoico, el Mesozoico y una parte del Terciario los dos continentes citados. Hoy son conocidos hechos que demuestran que dicha incomunicación no ha existido.

En relación con esto, vamos a reproducir lo que, en el notable libro titulado *Geologie von Asien*, dice Leuch's, no obstante permanecer este autor, en los dos tomos publicados hasta ahora, fiel a la doctrina de Suess. Reconoce que en la región del Himalaya fueron englobadas en los movimientos alpinos tierras emergidas con anterioridad, de lo que infiere que no sólo la zona plegada varisca, sino acaso las más antiguas se extendían mucho más al sur de lo que generalmente se admite. "Existen muchas probabilidades—escribe—de que, poco después de la orogenia varisca, los continentes del norte y del sur se hallaban en comunicación, por lo menos parcialmente, lo que se halla confirmado por la distribución de la flora de *glossopteris*. De esto se derivan importantes conclusiones relativas al mar postvarisco, que separaba a las tierras de An-

gara y Gondwana, pues confirman el hecho de que aquél debe ser concebido como un mar epicontinental o vadoso, lo que, por lo demás, se encuentra corroborado por la naturaleza de los sedimentos.”

En época más moderna también han podido existir, según el mismo geólogo, tales comunicaciones. El estudio de las capas de Angara de Nanchan, cuyo espesor varía entre quinientos y dos mil metros, ha demostrado que contienen cuatro horizontes con plantas, pertenecientes: el denominado A), al Carbonífero superior; el B), al Permiano inferior; el C), a la parte alta de este mismo terreno, y, por fin, el D), al *keuper*. En el horizonte B) se han encontrado representantes de la flora de Kus-nezk, de lo que infiere Halle que la flora de Angara había penetrado, durante el Permo-carbonífero, en el dominio de la flora llamada de Schansi, y que, por tanto, en aquella época había comunicación terrestre entre el continente de Angara y la región meridional de Nanchan. Como, por otra parte, la flora de Angara contiene mucha mezcla de elementos correspondientes al fragmento índico de Gondwana, concluye Zaleusky que entre este último territorio y el de Kus-nezk hubo también comunicaciones, no obstante extenderse entre ellos el mar de Tethys del Paleozoico superior y del Mesozoico.

La segunda objeción afecta, principalmente, a la hipótesis de Argand, tan brillantemente expuesta por este autor en el trabajo titulado *La tectonique de l'Asie*. Siendo las deformaciones de carácter profundo independientes de todo plegamiento anterior, y habiéndose desarrollado exclusivamente en masas inertes desde el punto de vista tectónico, aquéllas, salvo excepciones, deben ser transversales a los pliegues de los ciclos orogénicos anteriores. Sin embargo, todos los grupos de pliegues modernos de la región varisca, calificados de profundos por Argand (los cuales dieron, según éste, su actual re-

lieve a muchas cordilleras y a la zona central del Himalaya), son paralelos a los pliegues precámbricos, caledonianos y hercinianos. Argand reconoce la existencia de estas plegaduras póstumas, que son en Asia el hecho general, y pretende explicarlas, abandonando su concepto de pliegue profundo, por la influencia de zonas resistentes próximas a los geosinclinales, cada una de las cuales, durante el ciclo orogénico alpino, llenó función de *vorland* reavivador. Admite varios de estos singulares países delanteros, unos reales y otros hipotéticos, siendo el más importante de éstos el del Turquestán oriental, al que, siguiendo a los geógrafos de la Escuela de Alejandría, da Argand el nombre de “Serindiâ”.

Las comunicaciones entre los dos continentes precámbricos, imposibles de esclarecer por la doctrina de Suess y sus discípulos, se explican sin dificultad por la teoría del plegamiento general de Asia, pues, con arreglo a ella, dichos continentes no estuvieron separados por un mar profundo, sino que entre ellos culebreaban, por decirlo así, varios brazos de mar somero, los cuales hicieron perfectamente posible las comunicaciones, más o menos precarias, que, según los hechos de orden paleofitológico citados, han debido existir entre las tierras de Angara y Gondwana.

El carácter póstumo de los pliegues alpinos y, en general, de los pliegues de un ciclo orogénico con relación a los del que le ha precedido, también puede ser esclarecido fácilmente, puesto que, conforme al citado principio, las orogenias precámbricas, las cuales fueron lo bastante poderosas para levantar altísimas montañas sujetas a intensa glaciación, como lo demuestra la “tilita” del *horst* de Jenisei y del Tianchan oriental, determinaron, por la acción exclusiva de la fuerza plegante, las formas tortuosas de las líneas directrices de las cordilleras, sin que en el origen de esta disposición, que, por su generalidad, debe ser considerada como la normal, hayan

tenido participación alguna masas antiguas ya consolidadas, las cuales, por lo demás, no han podido existir en aquella remotísima época. Quedó, de este modo, como trazado el diseño al cual se ajustaron después todos los ulteriores plegamientos, pero no por la influencia de unidades estructurales constituidas con anterioridad, sino por el peculiar mecanismo del proceso orogénico, el cual se desarrolló regido en todo tiempo por las mismas leyes, y, por tanto, originando siempre elementos tectónicos de igual dirección.

Por este medio se fueron adicionando a las líneas de relieve primitivas zonas plegadas cada vez más modernas, hasta formar las cordilleras actuales, integradas todas por la agrupación, en proporciones muy variables, de unidades tectónicas correspondientes, en general, a varios ciclos orogénicos.

EL SISTEMA OROGRAFICO EURASIATICO

El esquema de las cordilleras eurasiáticas muestra que éstas, en el centro del continente, siguen direcciones generales aproximadas a los paralelos; pero en su prolongación hacia la costa oriental se doblan, casi sin excepción, primero hacia el nordeste y después hacia el nor-nordeste, tomando la dirección de dicha costa.

Del extremo oriental del Himalaya se desprende, sin embargo, una poderosa rama o virgación que se dirige hacia el sur, originando las Cordilleras Birmanas, las cuales rematan en la Península de Malaca y la Indochina. Aunque aquéllas, orográficamente, terminan al llegar al Océano Índico, el haz de pliegues que las forman se inflexiona debajo de dicho mar, del mismo modo que las cordilleras centro-asiáticas, tomando, como éstas, la dirección nor-nordeste y engendrando, las par-

tes visibles del haz, las montañas del Archipiélago Malayo, Formosa, Riu-Kiu, el Japón y las Kuriles, enlazándose después con las cordilleras de la Península de Kantchaka.

En dirección opuesta, es decir, hacia el noroeste, el Himalaya se prolonga, por el Karakorum y montañas asociadas a él, hacia el Pamir, donde las cordilleras forman un arco con la convexidad vuelta hacia el norte, después del cual aquéllas se continúan por el Hindu-Kuch, y recobran, en la doble cadena del Irán, el arrumbamiento noroeste.

En el sur de Asia, por tanto, existe una colosal alineación orográfica, cuyo segmento central es el Himalaya, la cual, después de abandonar el continente, se prolonga hacia el norte para formar el arco insular del Japón. Dicho arco pertenece al tipo calificado por Tokuda, en un trabajo presentado al XVI Congreso Internacional de Geología, de asiático-oriental, que se caracteriza por limitar por el lado del Océano los mares interiores de la China y el Japón, los cuales, por desaguar en ellos los grandes ríos de la China oriental, son en la actualidad cuencas de gran actividad sedimentaria. Según el geólogo japonés nombrado, tiene el arco su origen en una faja de corteza terrestre que se desprendió del borde del continente, deslizándose después hacia el Océano Pacífico, explicación que recuerda, en lo esencial, a la excogitada por Richthofen para esclarecer la estructura del Asia oriental. Un plegamiento general del continente permite explicar más fácilmente la armonía de movimientos que, según Suess, domina no sólo el amplio espacio del Asia oriental, sino también el arco insular del Japón y las grandes profundidades del mar próximo, resultado todo ello, según expresión del mismo gran geólogo, del prodigioso poder productor de formas arqueadas que no tiene límite en dirección al Océano.

Todas las cordilleras asiático-orientales, tanto las del continente como las de la orla de islas próximas, son paralelas

a las costas y forman las nombradas por algunos geólogos "cordilleras de tipo pacífico".

Se admite por la mayor parte de los que han estudiado el Asia oriental que, marchando del interior del continente hacia el este, las plegaduras son cada vez más modernas, dominando en la proximidad de la costa las genuinamente alpinas. Esto no puede ser admitido, a nuestro entender, sin grandes limitaciones, pues muchas cordilleras que se levantan en la orilla de los mares interiores de China y el Japón, como las de Sikota-Alin, Stanowoi, etc., son debidas principalmente a las orogenias arcaica y proterozoica, y cuando se encuentran en ellas plegamientos alpinos, éstos se hallan siempre asociados a otros más antiguos, paleozoicos y precámbricos. Hechos análogos se observan en las islas próximas. Citaremos, a guisa de ejemplo, la isla de Sajalín, separada de la costa de Manchuria por la manga o canal de Tartaria, en la cual, de las dos cordilleras que la recorren, la occidental está formada por estratos mesozoicos y terciarios muy plegados, pero la oriental, constituida por rocas paleozoicas, es indudablemente debida a los plegamientos calado-hercinianos (fig. 10).

En el Japón a los pliegues alpinos acompañan, en muchas localidades, no sólo pliegues paleozoicos, sino también los de los tiempos precámbricos, lo que demuestra el remoto origen de aquel archipiélago. Los movimientos orogénicos que le dieron su actual relieve corresponden al Cretáceo y al Terciario, y coinciden en el tiempo con los alpinos de la Sierra Nevada de California y la Cordillera Costera del mismo Estado americano.

Dicha coincidencia debe atribuirse al influjo del vasto movimiento talatogénico generador del Océano Pacífico. La casi totalidad del continente asiático es, en cambio, la obra de un poderoso movimiento de sentido inverso, es decir, epirogénico (empleado el término en su sentido etimológico y estricto),

pues los efectos morfológicos de los movimientos descendentes acaecidos en él fueron muy pequeños comparados con los de los ascendentes. En el Pacífico predominó el primero de dichos grupos de movimientos, y en Asia el segundo. La lucha entre ambos se desarrolló, y acaso persista en la actualidad, en la costa oriental de Asia y en las islas próximas, debiéndose verosímelmente a esta circunstancia la inestabilidad de aquella porción de la corteza terrestre, puesta de manifiesto por su viva actividad sísmica y volcánica. Lo mismo puede afirmarse de la costa occidental de la América del Norte.

Esta interpretación la juzgamos mucho más aceptable que la sostenida por Kober y otros geólogos, según los cuales el mencionado Océano se debe a la fragmentación y subsiguiente hundimiento, en época reciente, de las grandes masas de rocas arcaicas que ocupaban el espacio cubierto hoy por las aguas, pues por este proceso, y en tan pequeño espacio de tiempo, no parece posible que el Océano Pacífico haya podido alcanzar profundidades como la descubierta hace pocos años por el crucero alemán "Emden", la cual pasa de 10.000 metros.

Vamos a considerar ahora las características tectónicas y orográficas de la costa atlántica de Eurasia. La zona montañosa más meridional de este continente se prolonga con dirección noroeste, como antes se ha dicho, a través de Persia y Asia Menor, hasta unirse, en la región ponto-caucásica, con las montañas europeas. Estas ofrecen, en la Europa Central, disposición distinta de las de Asia, pues, a la inversa de lo que ocurre en el Himalaya, el Tianchan y otras cordilleras, los Cárpatos y los Alpes describen grandes arcos convexos hacia el norte.

No vamos a discutir las opiniones emitidas por Suess, Termier, Kober, Staub y Stille, respecto a las conexiones de los Alpes con la complicada orografía de la Península Ibérica. Recordaremos solamente que el primero de estos geólogos

propugnó la existencia, en el Estrecho de Gibraltar, de un arco que enlaza la cordillera Bética con las montañas alpinas de la costa norte de Africa, opinión seguida hoy solamente por Stille, pues todos los demás autores citados admiten que las cordilleras hispánicas, es, a saber, la cordillera Bética, la Carpetana y los Pirineos, se prolongan hacia el oeste hasta desaparecer bajo las aguas del mar. Pertenecen, por tanto, con arreglo a este modo de apreciar los hechos, al tipo de "cordilleras atlánticas", es decir, a las que, en contraste con las del Asia oriental, son transversales a las costas.

El mapa orográfico de Europa (fig. 11) muestra, sin embargo, que la Cordillera Escandinava, que es parte integrante de la costa atlántica, se orienta paralelamente a los meridianos, posición que contradice la expresada apreciación, pues aunque se arguya que aquella cordillera fué levantada, en época muy antigua, por una fuerza plegante de dirección distinta a la de los tiempos alpinos, es preciso reconocer que esta última también actuó sobre ella, originando, entre otros rasgos fisiográficos, su considerable elevación actual; las angostas abras llamadas *fiordos*, las cuales no pueden ser obra exclusiva, como pretenden algunos geólogos, de la erosión glacial, sino que su origen radica en fracturas transversales a la cordillera, producidas por las orogenias alpinas; finalmente, la monótona penillanura del dorso orográfico de Escandinavia, consecuencia, indudablemente, del hecho de haber estado sometida la montaña a un prolongado proceso erosivo, transcurrido el cual, fué levantada en bloque hasta la altura que hoy tiene.

La zona plegada del poniente de la Península Escandinava se prolonga, por la Isla de los Osos, hasta Spitzberg occidental, donde, por hallarse los terrenos paleozoicos asociados a los mesozoicos y terciarios, se pueden apreciar, por observación directa, las deformaciones alpinas. Según De Geer,

la penillanura de la región montañosa de la citada isla, equivalente a la de Noruega de que antes hemos hecho mención, es efecto de un período de erosión que se ha extendido desde el Triásico hasta el final del Cretáceo. La intensidad de los movimientos modernos fué tal, que, en algunos lugares, dicha peniplanicie fué levantada a más de 1.000 metros sobre el nivel del mar. El Terciario, con capas de carbón, de Green Bay, también fué plegado por la orogenia alpina.

La formación de la mayor parte de las montañas de la Península Ibérica también se inició en época muy remota, y su relieve fué asimismo renovado repetidas veces en el curso de la historia de la Tierra. En un trabajo publicado en 1932, hemos procurado poner de relieve que dicha península está formada por un apretado haz de pliegues curvos cuya convexidad se vuelve hacia el sur, es decir, por un arco estructural de tipo asiático. Las cordilleras hispanas se adaptan, con extraña exactitud, a dicha disposición, la cual permite, además, explicar la configuración general de la península, tan distinta de las formas angostas y alargadas de las demás penínsulas eurasiáticas (Kantchaca, Corea, Malaca, Italia, etcétera).

El esquema orográfico de España, trazado con arreglo a esta concepción, pone de manifiesto que en Galicia y las Asturias occidentales los pliegues son perpendiculares a la costa y entran en el mar Cantábrico con dirección norte. A medida que se avanza hacia el este, los pliegues se desvían de aquella dirección, tomando primero la nordeste y en el extremo oriental de Asturias la este-nordeste; es decir, una dirección casi coincidente con la de los Pirineos. Si se admite, como es lo más lógico, que los pliegues arcaicos y paleozoicos de Galicia y el occidente de Asturias avanzan hacia el norte con la expresada dirección, su prolongación natural debe hallarse en los pliegues de igual edad y dirección de Irlanda, Escocia

y Escandinavia, por ser este enlace el impuesto necesariamente por los hechos. Por tanto, las cordilleras de la costa atlántica de Eurasia, lo mismo que las de oriente del mismo continente, son sensiblemente paralelas a las costas del Océano próximo.

En su libro *Paläogeographie und Tektonik*, publicado en 1936, sustenta Kossmat la opinión de que en Eurasia, contrastando con elementos tectónicos periféricos con relación a la cuenca polar, hay otros radiales, es decir, de dirección norte-sur, a los que pertenecen, además de la Cordillera Escandinava, los Urales y las montañas de Werkhojansk, situadas estas últimas en la Siberia oriental. Considera dicho profesor a las mencionadas cordilleras como extrañas a los grupos orográficos centro-asiáticos, llegando hasta relacionar los Urales con la dislocación del Africa oriental en que se hallan el Tanganika, el Nyassa y otros grandes lagos.

Ya se ha hecho notar el natural enlace de la Cordillera Escandinava con las montañas de la Península Ibérica. La conexión del Tianchan con los Urales, mediante el arco que, en torno al lago Aral, describe la cordillera del Sultán Uiz-Dagh, prolongación del Nuratau, que es una de las ramas en que se divide en su extremo occidental el Tianchan, no puede hoy ser puesta en duda. También está fuera de toda discusión el enlace de las montañas de Werkhojansk con elementos orográficos pertenecientes a la región baikálica.

El contraste entre las dos clases de elementos tectónicos no puede, por tanto, ser admitido, siendo simplemente la disposición de las tres montañas citadas el resultado de la general tendencia de las ramas orográficas centro-asiáticas a doblarse en sus extremos hasta tomar gradualmente la dirección de los meridianos, sin alterar por ello la grandiosa armonía del conjunto.

Como resumen de todo lo expuesto, puede ser establecida

la siguiente conclusión: el haz de cordilleras eurasiáticas describe un inmenso arco que se inicia en la Siberia oriental y termina en la Península Escandinava. Los diversos segmentos del arco vuelven su convexidad hacia el Océano más próximo: en el Asia oriental, hacia el Pacífico; en el Asia Central, hacia el Indico; en Europa, hacia el Atlántico. Esta parece ser la ley más general que rige la orografía eurasiática. El Himalaya se levanta en el centro de la más meridional y externa de las zonas montañosas, la que forma como el marco dentro del cual están encerradas todas las demás.

BIBLIOGRAFIA

- SUESS, E.—“Das Antlitz der Erde.”—Wien.—Leipzig, 1886-1910.
- MACPHERSON, J.—“Ensayo de historia evolutiva de la Península Ibérica.”
Anal. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.—Madrid, 1901.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E.—Discurso leído en el acto de su recepción en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.—Madrid, 1922.
- ARGAND, E.—“La tectonique de l'Asie.”—C. R. XIII C. I. G.—Bruselas, 1922.
- KOBER, L.—“Bau und Entstehung der Alpen.”—Berlin, 1923.
- STAUB, R.—“Gedanken zur Tektonik Spaniens.”—*Vierteljahrsschrift der Natur. Ges.*—Zurich, 1926.
- WADIA, D.—“Geology of India.”—London, 1926.
- STILLE, H.—“Über Westmediterrane Gebirgszusammenhänge.”—Berlin, 1927.
- STILLE, H.—“Über Europäisch-Zentralasiatische Gebirgszusammenhänge.”
Nachr. Ges. Wis.—Göttingen, 1928.
- KNOTHE, H.—“Spitzbergen.”—Petermann. Mitteilungen.—Breslau, 1931.
- TOCIDA, S.—“Three types of Mountain Arcs.”—C. R. XVI. Geol. Congr., 1933.
- MUSCHKETOW, D.—“Modern conceptions of the tectonic of Central Asia.”
C. R. XVI. Geol. Congr., 1933.
- DE TERRA, H.—“Himalayan and alpine orogenies.”—C. R. XVI. Geol. Congr., 1933.
- MISCH, P.—“Forschung am Nanga Parbat.”—Deutsche Himalaja Expedition 1934.—*Geog. Ges.*—Hannover, 1935.
- LEUCHS, K.—“Geologie von Asien.”—Berlin, I, 1935; II, 1937.
- KOOSMAT, F.—“Paläogeographie und Tektonik.”—Berlin, 1936.
- MACHTSCHKEK, F.—“Das Relief der Erde.” I band, 1938.—Berlin.
- CUETO Y RUI-DÍAZ, E.—“La tectónica de la Península Ibérica.”—Reseñas científicas de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.—Madrid, 1932.
- CUETO Y RUI-DÍAZ, E.—“Nota acerca de la posición de los Pirineos en el Sistema Alpino.”—Revista *Las Ciencias.*—Madrid, 1943.

Perfil Transversal de Asia desde el Oceano Glacial Artico al Oceano Indico

Segun Sierr

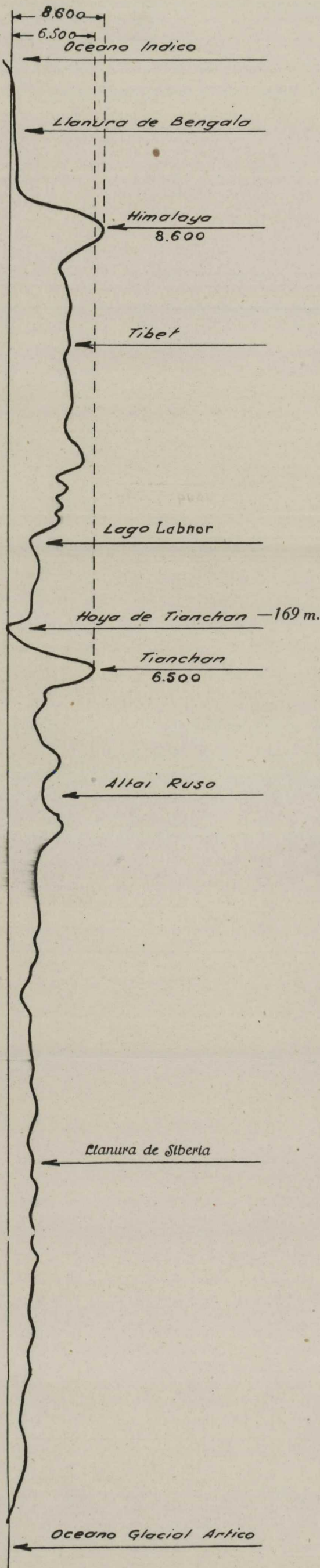


Fig. 1.





— ESQUEMA DEL HIMALAYA —

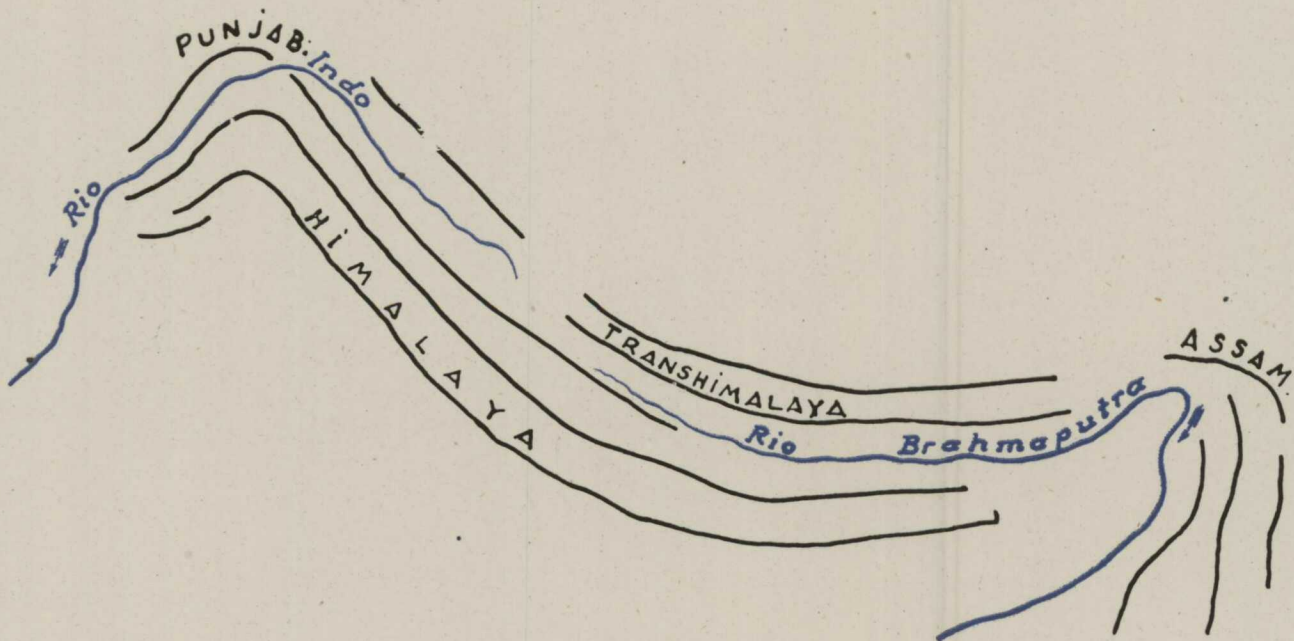


FIG. 2.

Esquema orográfico de la costa atlántica de Eurasia

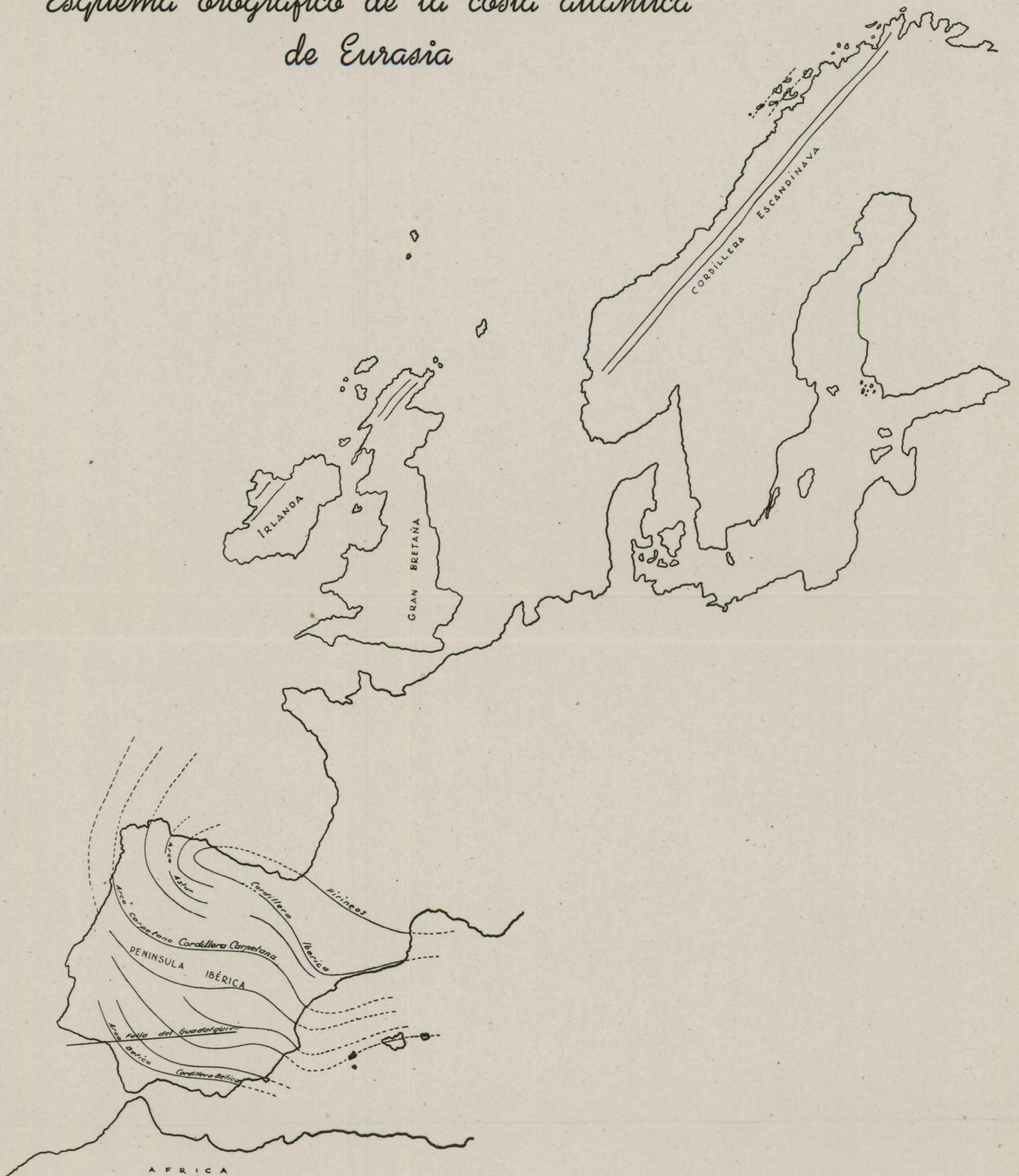
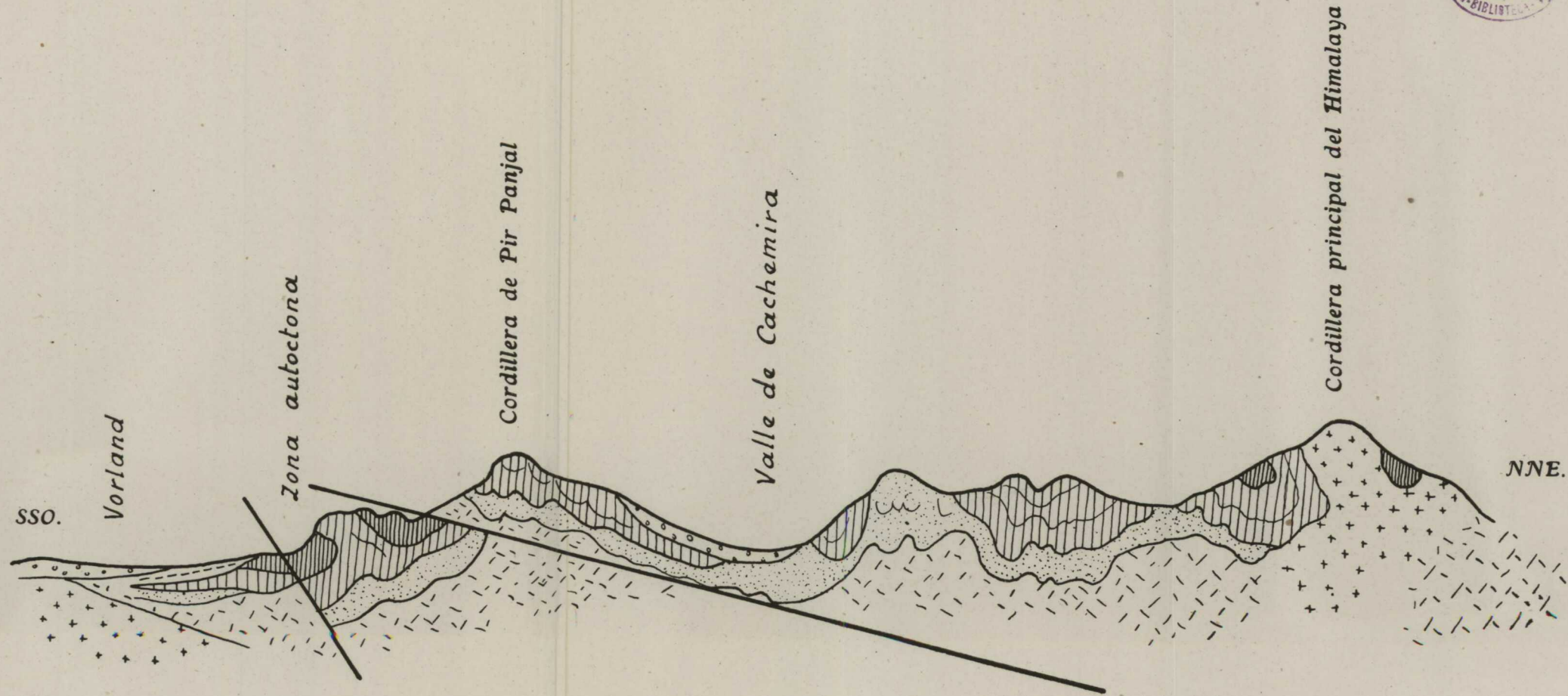




FIG. 11.





Corte transversal por la Cordillera principal del Himalaya, el valle de Cachemira y Zona autoctona





 Pleistoceno y reciente.

 Terciario inferior

 Cretaceo y Eoceno.

 Carbonifero y Triasico.

 Paleozoico inferior

 Capas de Purana


 Rocas cristalinas

FIG. 3.

Perfil general del N.O. del Himalaya, (Segun De Terra).

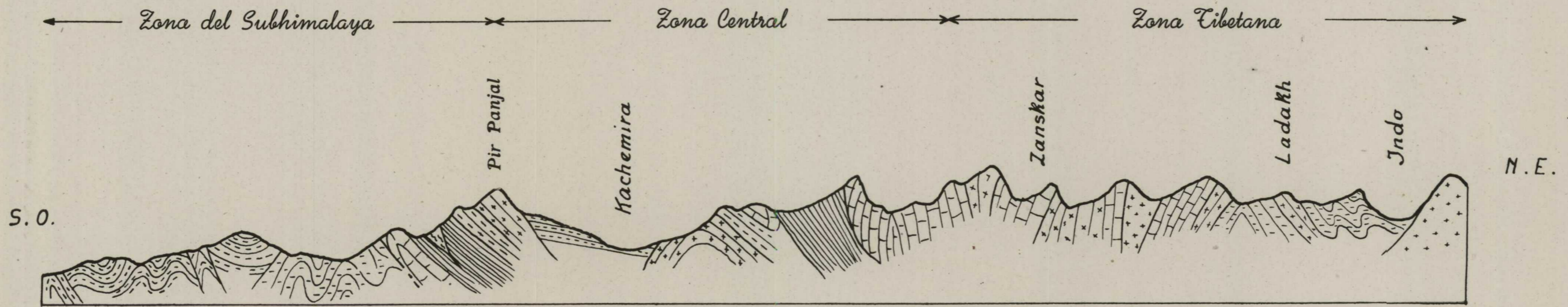


FIG. 4.



Corte geológico del Simplón.

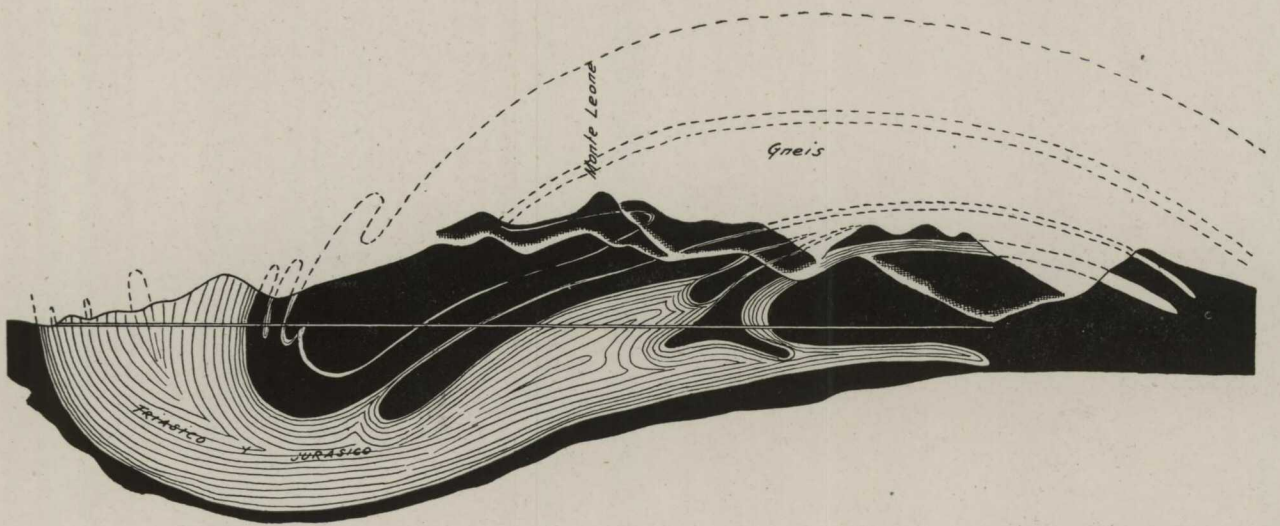


FIG. 5.



Corte transversal por el Tianchan medio, desde la Cuenca de Tekes a la de Tarim

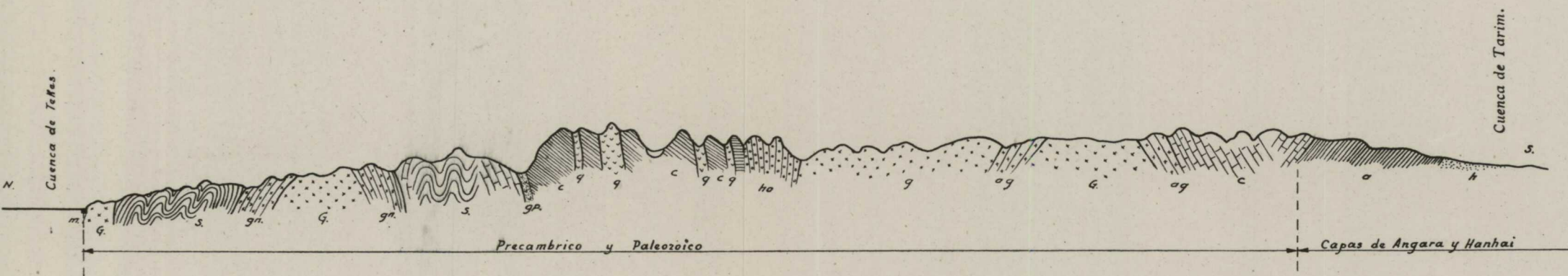


FIG. 6.



Plegamiento del Terciario Superior y del Diluvial en el borde de la Cuenca de Larim.

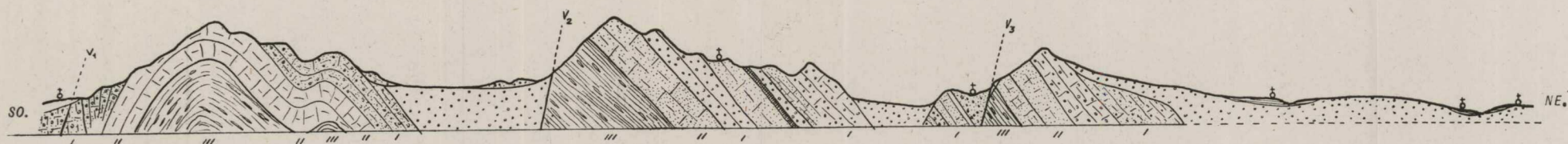


FIG. 7.



Corte transversal de la Cordillera de Chamar-daban, desde el Lago Baikal al Lago de los Gansos

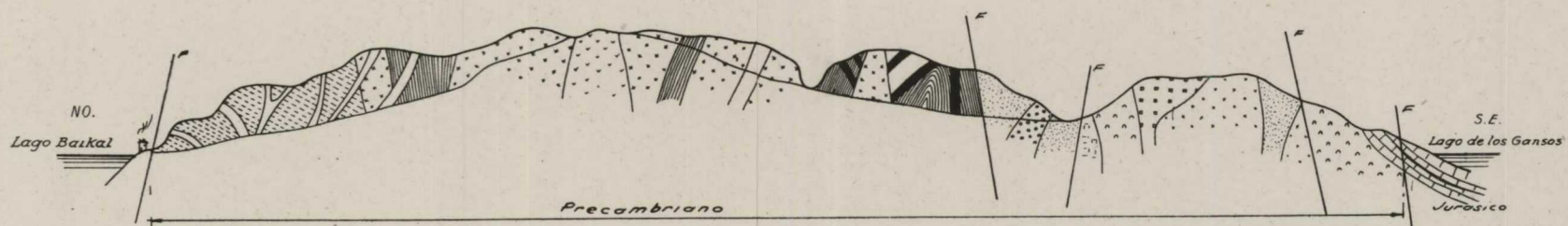


FIG. 8.



Esquema orográfico de Asia

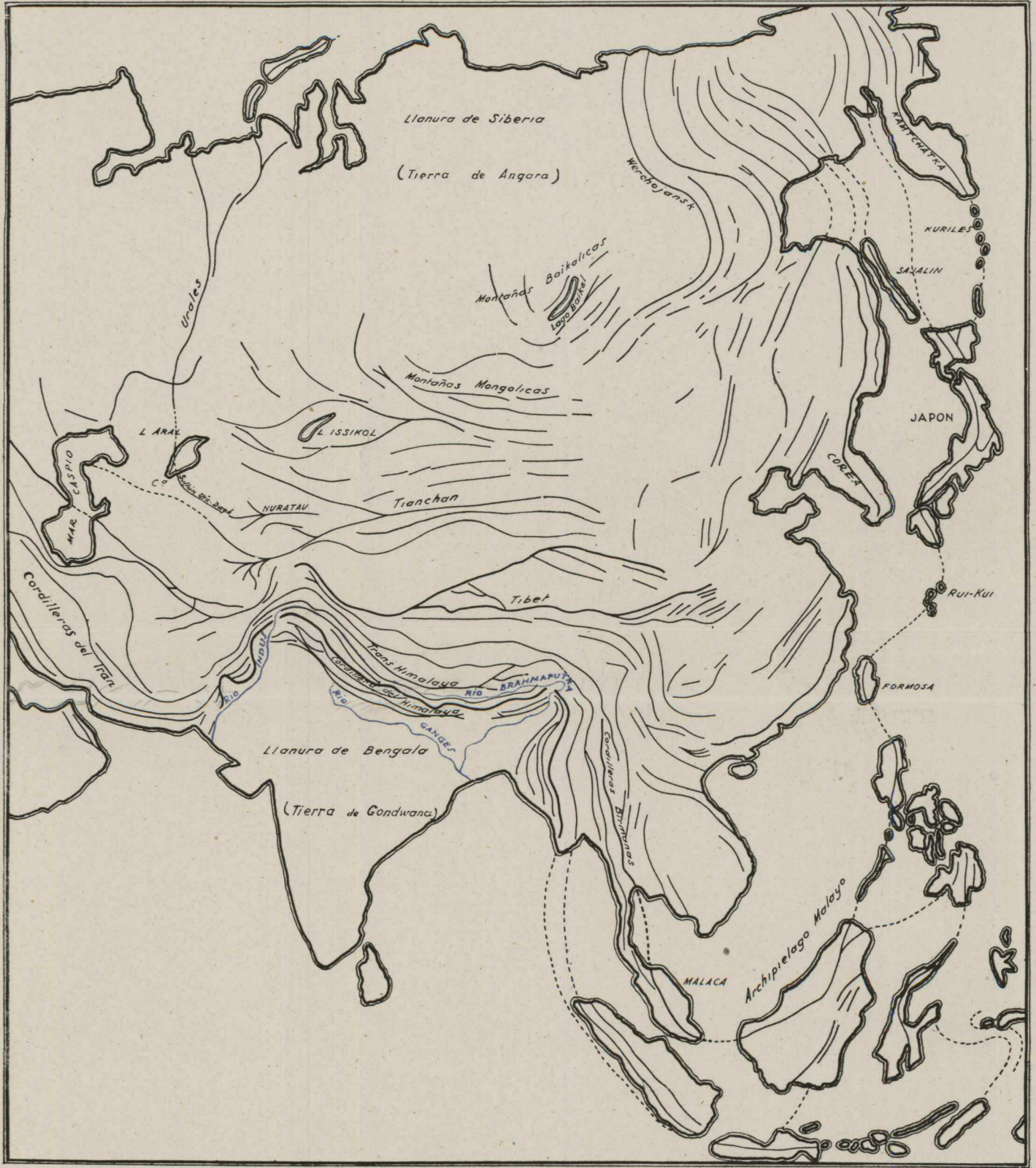


FIG. 9.

Perfil transversal del occidente de la Isla de Sajalin

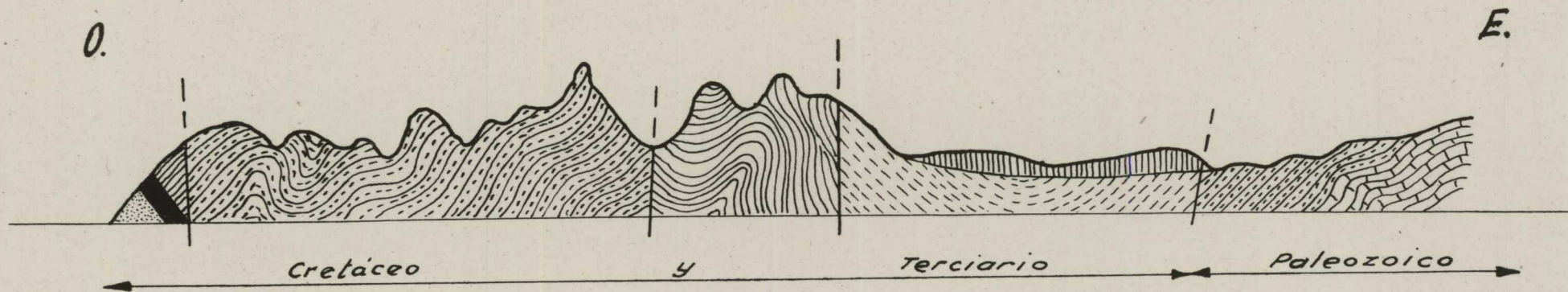


FIG. 10.

**UN ANCHITHERIUM EN EL PONTIENSE
ESPAÑOL**

ANCHITHERIUM SAMPELAYOI, nova sp.

POR

JOSE F. DE VILLALTA COMELLA
y M. CRUSAFONT PAIRO

COLABORADORES DEL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

JOSE F. DE VILLALTA COMELLA

y M. CRUSAFONT PAIRO

Colaboradores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas

UN ANCHITHERIUM EN EL PONTIENSE ESPAÑOL

ANCHITHERIUM SAMPELAYOI, nova sp.

INTRODUCCION

Estimulados por las descripciones dadas por nuestro gran amigo el Dr. Francisco Hernández-Pacheco del Museo de Madrid, hace ya unos dos años decidimos practicar unas exploraciones de ensayo en el notabilísimo yacimiento pontiense de Nombrevilla, cerca de Daroca, en la provincia de Zaragoza (cuenca de Calatayud-Teruel). De este yacimiento habían dado ya algunas referencias el Catedrático de la Universidad de Zaragoza Dr. Pedro Ferrando Mas (1) y el Reverendo Padre Longinos Navás, que habló de él en una nota publicada en la Sociedad Aragonesa de Ciencias Naturales. De todos modos, no se tuvo un conocimiento preciso del yacimiento hasta el Dr. Hernández-Pacheco quien, en 1926, publicó un interesante trabajo (2) con la descripción de la estratigrafía de la región, de los caracteres del Neógeno de Nombrevilla y de las características de la fauna entonces descubierta en la mencionada localidad. El interés intrínseco de esta fauna radicaba entonces, según se dedujo de las observaciones del autor del trabajo, en la presencia de un *Rhinoceros* de carácter arcaico afín al grupo *sansaniensis-simorren-*

sis, aliado a una asociación faunística claramente pontiense por la presencia de *Hipparion gracile* Kaup y *Mastodon longirostris* Kaup, especies típicas del nivel de Pikermi.

La riqueza del yacimiento y la cuestión que acabamos de mencionar nos indujeron, pues, a realizar una visita de exploración al yacimiento de Nombrevilla del cual, desde 1926, no se había ocupado ya nadie más. De acuerdo con el Museo de Madrid, pues, llevamos a cabo un reconocimiento del Pontense de Nombrevilla, que dió excelentes resultados, según indicaremos más adelante. Desde entonces acá han sido ya cuatro las veces que hemos visitado la localidad, la cual ha continuado mostrándose muy rica en fósiles. Con ello hemos ampliado considerablemente su lista faunística, aunque en realidad el grandísimo interés del yacimiento aragonés radica, más que en la variedad de especies recogidas, en los caracteres especiales de su fauna, algunas de cuyas formas, de supervivencia vindoboniense, se alían con especies típicas del Pontense.

Actualmente tenemos proyectadas, de acuerdo con el doctor Francisco Hernández-Pacheco y bajo la tutela del Museo Nacional de Ciencias Naturales, unas excavaciones metódicas en el interesante depósito fosilífero de la Carroya en Nombrevilla, con el objeto de llevar a cabo un trabajo de colaboración estudiando la estratigrafía en detalle de la región junto con la descripción completa de su fauna fósil, aparecida también en algunos otros lugares de la depresión terciaria del Jiloca: Retascón, Miedes y Mara, principalmente.

Como hemos dicho, este yacimiento ha resultado pródigo en restos y en novedades paleomastológicas. Aparte del *Rhinoceros* ya citado, que es una especie nueva afín a las del Vindoboniense francés, *Rh. simorreensis* y *Rh. sansaniensis*, aunque más evolucionada y sin ninguna relación con los rinocerontes pontienses (*Rh. schleiermachri*), la cual será des-

crita por nosotros como *Rhinoceros pachecoi* nova sp., ha sido de un interés no sospechado el hallazgo de restos de un Giráfido de características especiales, dollicopodial, de gran talla y muy primitivo por su dentición, con el cual se establecerá el nuevo nombre de *Bohlinia* (3). Además, se señala la presencia de algunos cérvidos y antílopes, todavía no bien determinados, que completan el interés paleontológico del yacimiento aragonés.

Otro de los hallazgos realizados, y éste verdaderamente importante desde el punto de vista paleobiológico, ha sido el de unos restos de *Anchitherium* de gran talla, que constituye una nueva especie y el último representante de su filum en el Terciario del antiguo continente. Por el enorme interés de su descubrimiento, hemos considerado que era inaplazable darlo a conocer antes de nuestro proyectado estudio total de la fauna fósil de Nombrevilla, y éste ha sido el objeto del presente trabajo.

Ya en nuestras primeras exploraciones fuimos sorprendidos por el hallazgo de algunos restos de este Equido, y posteriormente se aumentó el número de ejemplares en una nueva exploración en la Carroya. En la última de nuestras visitas a la localidad, durante la cual concentramos nuestra atención en la búsqueda de la dentición superior y de algunos restos óseos, no tuvimos la fortuna de las excursiones anteriores, y por ello debemos fundamentar nuestras descripciones con sólo la dentición inferior, de leche y definitiva, las cuales, no obstante, ofrecen suficiente materia de comparación para nuestro objeto.

Antes de entrar en la cuestión que hoy nos ocupa, queremos expresar desde aquí nuestra profunda gratitud a los doctores Viret y Schaub, nuestros ilustres amigos de Lyon y de Basilea, respectivamente, por los interesantes datos proporcionados y que han facilitado la labor que aquí vamos a des-

arrollar. Ambos distinguidos paleontólogos demostraron enseguida un gran deseo de ayudarnos, dado el interés de los hallazgos realizados, los cuales vienen a demostrar de una manera absolutamente rotunda que los últimos *Anchitherium* fueron contemporáneos del *Hipparion* y no se extinguieron en el Vindoboniense, por lo menos en algunas regiones privilegiadas por sus especiales condiciones paleogeográficas. Así, pues, ha sido en España en donde se ha podido presentar la prueba de este hecho, demostrándose por primera vez de manera concluyente la supervivencia de los *Anchitherium* en el Pontiense, en contra de lo que se venía creyendo hasta hace poco.

EL YACIMIENTO DE NOMBREVILLA

En su día, el Dr. Francisco Hernández-Pacheco (2) dió una idea general de la estratigrafía del territorio de Nombrevilla y de sus alrededores. La formación corresponde a una de las cuencas terciarias delimitadas por Royo y Gómez (4), a la que intituló Cuenca de Calatayud-Teruel, en la que además se hallan los notables yacimientos de Concud, Algezares de Teruel y Libros. El territorio que nos ocupa constituye una depresión rellena por materiales sedimentarios del Neógeno formando una larga faja paralela al curso del río Jiloca. Esta faja, orientada de Noroeste a Sudeste, está delimitada por los restos de un macizo paleozoico (cámbrico-silúrico) que la separa de las depresiones análogas de Cariñena en el Nordeste, más allá de la Sierra de Algairén, y de Gallocanta en el Sudoeste, a la que se llega después de salvar las sierras que corona el Alto de Santa Cruz.

El pueblo de Nombrevilla se halla situado hacia levante de Daroca y a una distancia de unos seis kilómetros por carretera, en una depresión que limita el Campo Romano, al

que se sube por la carretera de Daroca a Zaragoza por Retascón. En esta depresión se aprecian perfectamente los estratos del Neógeno que, según Hernández-Pachecho, presentan tres niveles distintos. Transcribimos a continuación los siguientes detalles de estratigrafía dados por el mencionado geólogo (2):

"La estrecha banda de terrenos miocénicos que ocupa la mayor parte del territorio en las cercanías de Nombrevilla está constituida estratigráficamente por tres niveles distintos. En la zona inferior, los materiales son principalmente arcillas con guijos, entre las que se intercalan bancos de potencia variable de areniscas y conglomerados, conjunto de intenso color rojizo y cuya composición indica un origen pluvial, con corrientes de relativa intensidad.

"Sobre los materiales descritos descansa una potente formación arcilloso-margosa, con intercalación de bancos calizos de muy variada potencia y, coronando el conjunto, viene un espesor variable de arcillas y calizas, las cuales vienen a formar bancos de hasta ocho, diez y doce metros de potencia.

"El espesor de los tres pisos anteriormente nombrados es variable de unas regiones a otras dentro del territorio estudiado. En las inmediaciones de Nombrevilla, el piso inferior (que por comparación con el de otras regiones pudiera representar el Tortoniense) es de unos 20 a 25 metros, juzgando por lo que la erosión ha puesto al descubierto; pero su potencia en las regiones del sudoeste, en el límite de Zaragoza con Teruel, es mayor, llegando a veces a pasar de los 50 metros.

"El piso margoso-arcilloso o medio, por su semejanza litológica con el de otras regiones, pudiera representar al Sarmatiense; mide, por término medio, unos 40 metros; se presenta siempre en capas perfectamente horizontales, cuya potencia, constitución y coloración son muy diversas, for-

"mando los bancos de calizas que se intercalan en capas de
"medio, uno y dos metros.

"El tramo superior, principalmente calizo y arcilloso, y que
"por los fósiles que encierra representa al Pontiense, mide,
"por término medio, otros 40 metros de potencia."

Un buen reconocimiento de las formaciones que estamos considerando, seguramente daría lugar al descubrimiento de nuevos yacimientos, pues tenemos noticias de que los restos fósiles han aparecido en diversos lugares de la depresión. Ya hemos dicho anteriormente que se han señalado restos fósiles de Miedes y de Mara, pueblos situados al borde de la formación, en la carretera que va de Calatayud a Cariñena. Por nuestra parte, en un reconocimiento rápido que hicimos en la carretera de Daroca a Zaragoza, hallamos algunos restos atribuibles a *Hipparion* y *Mastodon*, cerca del pueblo de Retascón, en el horizonte superior de la formación neógena. También, en el mismo pueblo de Nombrevilla, al lado mismo de la carretera y junto a una corraliza, extrajimos dos molares y fragmentos de una defensa de *Mastodon longirostris*, y según algunos de los vecinos que han recorrido las cuevas del Neógeno continental de los alrededores, recuerdan haber visto molares de *Hipparion* en algunos otros lugares, aunque no han podido recordar luego el exacto emplazamiento de los hallazgos.

De todos modos, el yacimiento más notable se halla a unos doscientos metros al sur de Nombrevilla, al lado del camino vecinal que sube a Romanos, en el nivel de arcillas y calizas a pocos metros del páramo superior. La finca en donde se halla localizado el yacimiento se llama "La Carroya", propiedad de D. Nicolás Lorente, a quien, junto con su señora esposa e hijos, agradecemos desde aquí la cordialísima hospitalidad que nos han prestado en todas las ocasiones que les hemos visitado, demostrando un espíritu de comprensión y de

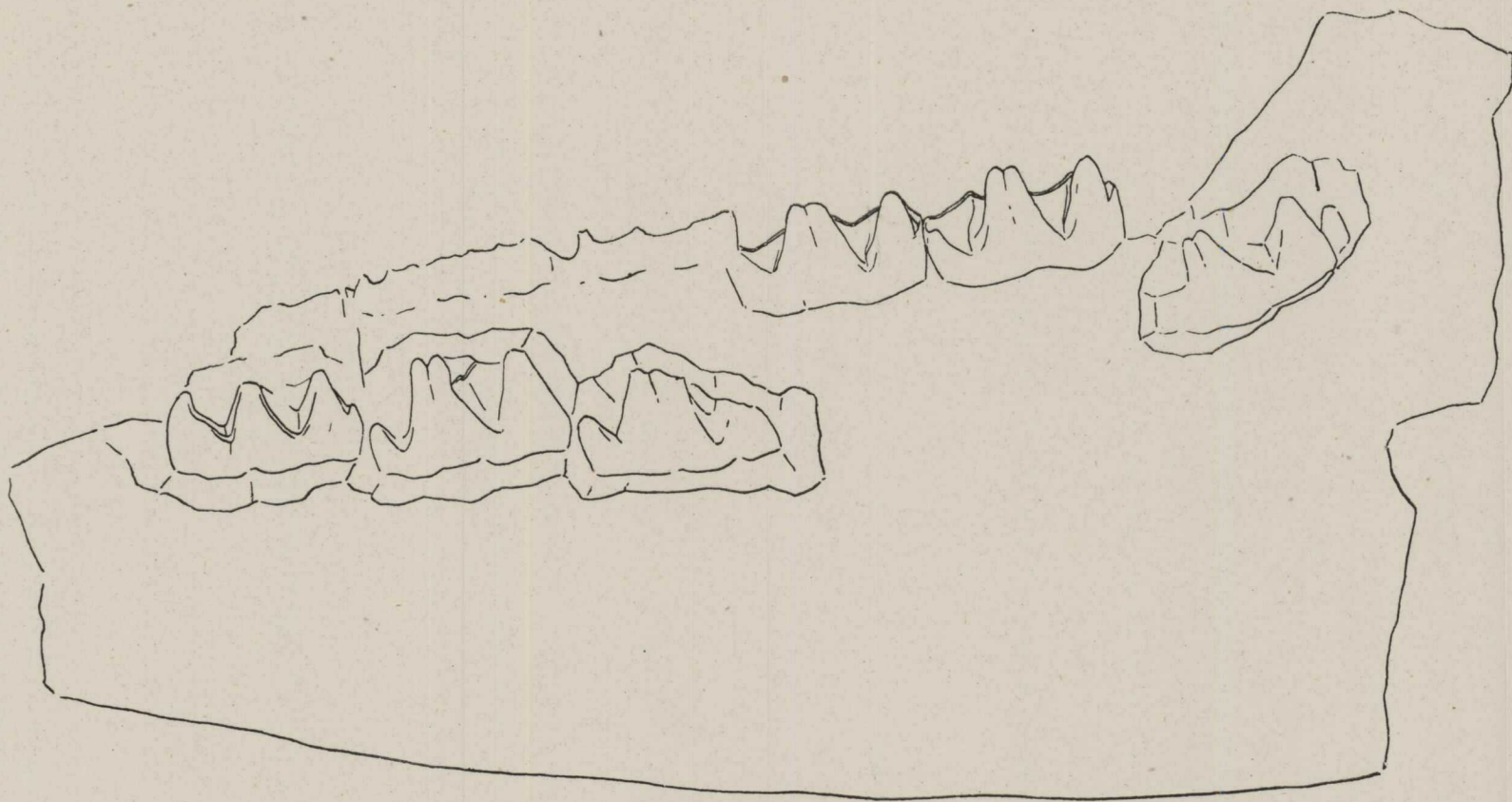


FIG. 1.—*Anchitherium sampelayoi*, nova sp. Mandíbula derecha con D 2, D 3, D 4, M 1 y M 2, y en germen los P 2, P 3, P 4 y M 3. Tamaño natural. Cara interna. Ponticense. Nombrevilla (Zaragoza). *Holotipo*. Colección del Instituto Geológico y Minero de España (Madrid).

ayuda difícilmente superables. El Sr. Lorente nos ha brindado personalmente eficaz colaboración en la tarea de excavación y nos ha facilitado asimismo obreros, utillaje y medios de transporte, dándonos pruebas de una delicadeza inigualable.

Los fósiles se hallan formando una brecha osífera bastante extensa, cuya parte más profunda es algo dura, estando los restos empotrados en una masa margosa muy caliza que dificulta la extracción indemne de los ejemplares. Las piezas dentarias aparecen excelentemente conservadas, pero los huesos se hallan bastante fragmentados y es difícil obtener ejemplares completos. Encima de esta capa endurecida aparecen gran número de molares en magnífica conservación de *Rhinoceros*, *Mastodon* e *Hipparion*—estos últimos con gran profusión—dentro de unas capas de arenas de grano finísimo. Las excavaciones que aquí hemos practicado han abierto un gran boquete, pero puede decirse que el yacimiento está todavía en pleno rendimiento.

El material recogido, muy abundante hoy, sobre todo por lo que se refiere a los molares sueltos de *Rhinoceros* y de *Hipparion*, forma parte de la colección Villalta-Crusafont. Los fósiles recogidos por Hernández-Pacheco se hallan guardados en el Museo Nacional de Ciencias Naturales. También existen algunas piezas en el Colegio de los Padres Jesuitas del Salvador, en Zaragoza, y en el gabinete de Historia Natural de los Padres Escolapios de Daroca, aunque mal cuidados. Algunos ejemplares se guardan también en las colecciones del Instituto Geológico y Minero de España, en Madrid.

LISTA DE LOS EJEMPLARES

La nueva especie de *Anchitherium*, que será descrita en la presente nota, está basada en los siguientes ejemplares, que consideramos como sintipos:

a) Una mandíbula derecha presentando en serie el alvéolo del D 1, fragmento del D 2, y los D 3, D 4, M 1 y M 2, y, en germen dentro de la mandíbula, el P 2, P 3, P 4 y M 3.

Se trata, pues, como puede apreciarse, de una dentición inferior en pleno cambio. Asegurándonos antes de su exacta posición mediante examen radiográfico del hueso mandibular, practicamos una apertura longitudinal en el mismo con objeto de observar bien los caracteres de las piezas en germen, apreciándose así el orden de su erupción posterior por la altura en que están colocados (véase figura 1). La incisión se practicó por la cara interna de la mandíbula, que es la que ofreció mayores garantías de resistencia. El hueso mandibular estaba algo estropeado, pero se ha podido llevar a cabo su reconstrucción bastante fiel, a pesar de la deformación que las presiones han ejercido sobre el mismo. La mandíbula está rota por algo más adelante de la raíz del D 1, sin alcanzarse, al parecer, la región del canino. La rama ascendente se conserva algo, pero están rotos el cóndilo y la apófisis.

b) Un fragmento de mandíbula de leche presentando el alvéolo del D 1, y enteros los D 2 y D 3.

Se trata de la mandíbula de un animal muy joven, puesto que los molares de leche no están todavía usados. Para observarse bien la primera de dichas piezas se ha tenido que rebajar el hueso mandibular por debajo de la misma, ya que no había salido aún completamente de su alvéolo. La mandíbula está rota por detrás de D 3, pero por la parte delantera conserva el diastema completo hasta la sínfisis, apreciándose la ausencia de canino juvenil. No puede observarse la región de los incisivos por estar erosionada.

c) Un fragmento de mandíbula izquierda presentando el D 4, el M 1 y el M 2.

Este ejemplar está en el mismo estado de cambio de denti-

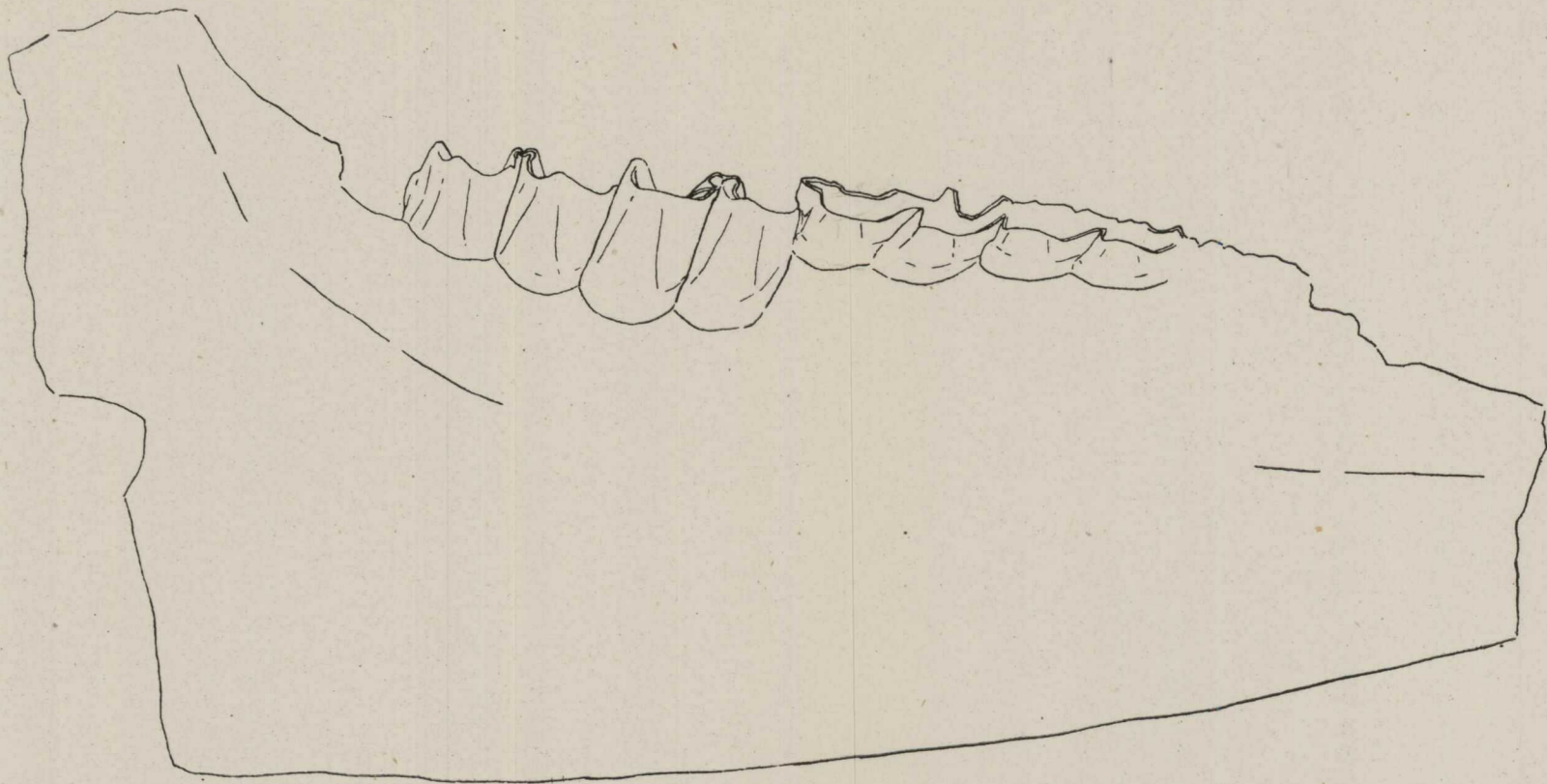


FIG. 2.—*Anchitherium sampelayoi*, nova sp. La misma mandíbula de la figura 1. Tamaño natural. Cara externa. Pontense. Nombrevilla (Zaragoza). *Holotipo*. Col. Instituto Geológico y Minero de España (Madrid).



FIG. 3.—*Anchitherium sampelayoi*, nova sp. La misma mandíbula de las figuras 1 y 2. Tamaño natural. Cara oclusal. Pontense. Nombrevilla (Zaragoza). *Holotipo*. Col. Instituto Geológico y Minero de España (Madrid).



ción que el de la pieza a). Quizá ambas ramas pertenezcan al mismo individuo.

Los ejemplares hallados, pues, permiten el estudio completo de la dentición inferior, tanto juvenil como permanente, y su descripción será hecha más adelante. Ya hemos dicho que no nos es posible dar detalles de la dentición superior, que no ha sido hallada por nosotros hasta ahora en Nombrevilla. Es posible que las proyectadas excavaciones en el interesante yacimiento aragonés nos proporcionen su hallazgo y podamos un día completar el estudio de este notable Equido fósil.

EL GENERO "ANCHITHERIUM", EN ESPAÑA

El género *Anchitherium* está representado en España por la única especie conocida hasta hoy del Terciario de Europa: el *A. aurelianense* (Cuvier), y procede de diversos yacimientos vindobonienses. Es curioso observar que la especie, tan abundante y pródiga en los yacimientos de la Meseta, se halla ausente de las localidades levantinas del Vallés-Panadés, en donde existen los yacimientos de San Quirico y de Hostalet de Pierola, que han dado faunas abundantísimas. Bataller había señalado la presencia de *Anchitherium* en San Quirico, si bien luego se determinó tratarse de algún molar inferior suelto de *Macrotherium*, con los cuales se pueden confundir aislados.

El *Anchitherium aurelianense* ha sido dado a conocer de Palencia por el Dr. Eduardo Hernández-Pacheco (5), y de Valladolid por Francisco Hernández-Pacheco (6). Este último autor lo ha señalado por el hallazgo de unos huesos en un yacimiento de los alrededores de Madrid (Puente de los Franceses) (7). En el Terciario madrileño, el *Anchitherium aurelianense* se presenta con gran profusión en los distintos niveles que

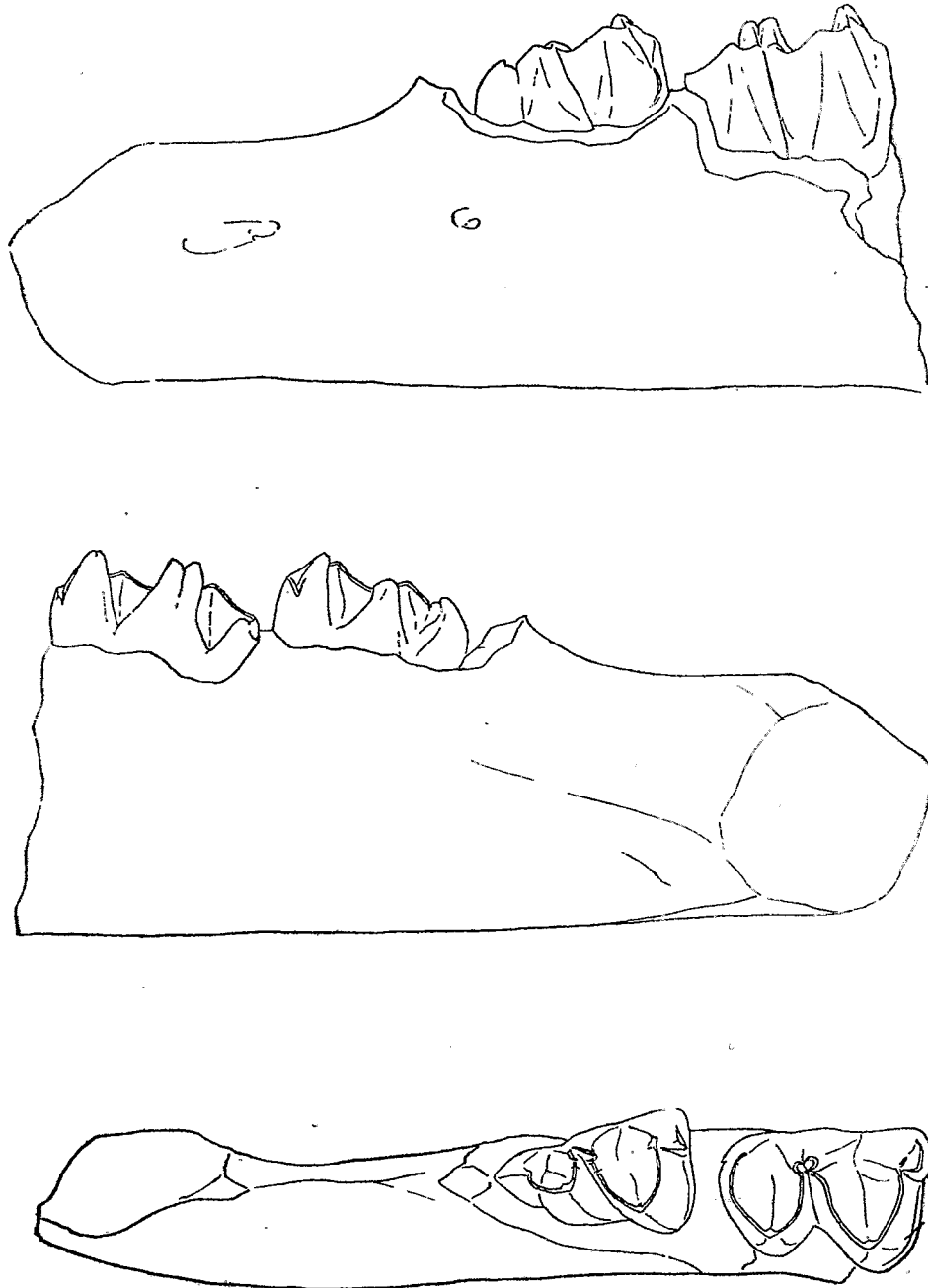


FIG. 4.—*Anchitherium sampelayoi*, nova sp. Fragmento de mandíbula izquierda de leche con alvéolo del D 1 y los D 2 y D 3, visto por sus caras externa, interna y oclusal. Tamaño natural. Pontiense. Nombrevilla (Zaragoza), Cotipo. Col. Villalta-Crusafont.

en él existen, los cuales en la actualidad están aún bastante mal determinados.

Las excavaciones practicadas en algunos lugares (Puente de Vallecas, Hidroeléctrica) han permitido al Museo de Madrid y a nosotros mismos recoger abundante material, lográndose así algunos conjuntos faunísticos, que son los que en último término darán la solución al problema de la estratigrafía de esta interesante formación. Los niveles inferiores corresponden al yacimiento de la Hidroeléctrica, hoy agotado, ya que ha suministrado algunas formas, como un *Listriodon* del grupo *lockarti* y un *Mastodon angustidens* de talla pequeña, que dan un aspecto arcaico a la localidad, que posiblemente debe corresponder, si no al Burdigaliense, por lo menos a un Vindoboniense muy bajo. El yacimiento del Puente de Vallecas con *Heteroprox larteti* (Filhol), *Mastodon angustidens* de gran talla y otras muchas especies, parece corresponder a un nivel más alto y se debe emplazar en el pleno Vindoboniense. El cerro de San Isidro, de donde proceden algunos restos dados a conocer hace ya más de un siglo, ha sido colocado en el Sarmatiense.

De todos los yacimientos correspondientes a los tres niveles se han recogido restos del *Anchitherium aurelianense*. En la Hidroeléctrica y en el Puente de Vallecas, con gran profusión; de este último lugar existen diversas series dentarias superiores e inferiores, de leche y definitivas, así como un número enorme de molares sueltos y de osteología. La fauna fósil del valle del Manzanares, cada día más rica y de gran interés, según hemos dicho, para la determinación de los distintos horizontes de la formación, será estudiada por nosotros próximamente en un trabajo que tenemos en vías de redacción, colaborando con nuestro distinguido amigo el doctor Eduardo Hernández-Pacheco, que se encargará de la parte estratigráfica y fisiográfica de la región.

Avanzamos aquí que el *Anchitherium aurelianense* de Madrid se presenta con notables variaciones de talla, que va aumentando a medida que los yacimientos se elevan estratigráficamente, tal como sucede siempre en los yacimientos europeos de la especie, desde el Burdigaliense hasta los confines con el Pontiense. El *Anchitherium* de la Hidroeléctrica es de talla bastante pequeña, comparable a la de los ejemplares del Burdigaliense de la *Limagne bourbonnaise*, mientras que el del Puente de Vallecas que, como hemos dicho, parece ser contemporáneo de los yacimientos clásicos del Vindoboniense, se presenta con una talla mucho mayor, algo superior incluso a la de los individuos más fuertes de la Grive Saint-Alban (8) y de Steinheim (9). Del cerro de San Isidro proceden un molar superior—probablemente un M 1—y un molar inferior, que corresponden a un animal de talla considerablemente mayor que era hasta hace pocos años la más elevada del *Anchitherium*. Para esta forma, que no difiere esencialmente de la especie de Cuvier, creó V. Meyer la especie *Anchitherium ezquerrae* (10), aunque posteriormente los diversos autores la han venido considerando como una simple mutación moderna de la especie tipo, admitiéndose, pues, para el Terciario de Europa una sola especie. Posteriormente, como diremos más adelante, se ha hallado un *Anchitherium* ligeramente mayor que la forma *ezquerrae* en el yacimiento de las arenas de *Dinotherium* de Rheinhesse, en Alemania. El yacimiento del cerro de San Isidro, en Madrid, se considera, según se ha indicado, como del Sarmatiense. Viret nos dice en carta que podría ser ya del Pontiense por la cita del *Mastodon longirostris* Kaup, por E. Hernández-Pacheco; pero este autor, en su Catálogo de 1914 (11) no da esta especie como segura, y más bien se puede considerar que el nivel stratigráfico de esta última localidad es infrapontiense. Si bien es cierto que Gervais (12) y Fraas (9) citan unas falan-

ges de este yacimiento que atribuyen a *Hipparion*, no sabemos si proceden exactamente del mismo nivel; y aunque así fuera, podrían ser del *Anchitherium ezquerrae*, dado que por la talla de esta forma podrían ser confundidas muy bien, como dice Deperet (8), con las de *Hipparion*.

Del estudio de los *Anchitherium* de Madrid daremos cuenta detallada en el trabajo en preparación a que hemos hecho referencia anteriormente, y ello gracias al magnífico material que hoy posee el Museo de Madrid, que ha sido puesto gentilmente a nuestra disposición.

EL GENERO "ANCHITHERIUM", EN EUROPA

El género *Anchitherium* parece ser el único representante en Europa de la subfamilia *Anchitheriinae*, y hasta el presente sólo se admite la especie genotípica en el Terciario europeo. Para un Equido del Vindoboniense del Cáucaso del Norte, Borissiak ha propuesto la creación de un nuevo género *Paranchitherium* (13), genotipo *P. karpinsky*, basándose en algunas diferencias en la estructura dentaria y en la existencia de metapodiales más reducidos que en el *Anchitherium aurelianense*. Como nos dice en carta el Dr. Viret, de Lyon, sería conveniente saber si Borissiak ha podido hacerse cargo de la amplitud de variación en el animal del Cáucaso, con el fin de aquilatar la importancia de este detalle osteológico. Colbert (14) no parece estar muy convencido de la separación genérica. Aparte, pues, de este dudoso género, nos queda sólo considerar el *Anchitherium aurelianense* en Europa.

Esta especie está enormemente difundida en el Terciario europeo desde el Burdigaliense hasta el Sarmatiense, según hemos dicho, pasando por el Vindoboniense, durante cuyo desarrollo parece haber tenido el máximo de dispersión. Así, pues, la encontramos en el Burdigaliense de La Romieu y la

Limagne y en el de Chilleurs y Artenay, entre otros; en el Vindoboniense de Sansan, La Grive Saint-Alban, Steinheim, Georgesmund, Engelwies, Leoben, Wintherthur, Neudorf, etcétera, y en el Sarmatiense de España. El tipo procede de Montabuzard, en el Orleanés, y de Saint-Genis, cerca de Montpellier. Por regla general, la talla de esta especie aumenta desde los niveles inferiores a los más altos, aunque no puede tomarse esto como un hecho absolutamente preciso, pues en los yacimientos vindobonienses se han hallado individuos de tan pequeña talla como la corriente entre las formas burdigalienses, según hace notar Stehlin (15).

Mayet (16), a base de una mandíbula procedente de Chitenay (?) de pequeña talla, creó el tipo de una raza de *A. aurelianensis*, que denominó *blesense*, la cual no es admitida por Stehlin, por estar basada en una mala reconstrucción de una serie a base de molares sueltos mal colocados. Por lo demás, esta raza "típica del Burdigaliense" está basada en el criterio de la talla exclusivamente lo cual, como hemos dicho antes, no tiene un valor absoluto desde el punto de vista estratigráfico o cronológico. La raza *A. aurelianensis pontileviensis*, creada también por Mayet, ha sido posteriormente refutada por aquel paleontólogo por estar fundada en molares de *Macrotherium*. Klähn (17) establece la siguiente serie de formas a lo largo de la estratigrafía de Europa: *Anchitherium aurelianense*, raza *blesense*, para el Orleanés de Blesois; *A. aurelianense* tipo, para el Orleanés típico; *A. aurelianense* mut. *helveciense*, para el Vindoboniense de Sansan, y *A. aurelianense* mut. *tortoniense*, para el Vindoboniense de La Grive-Saint-Alban. Considérese como se quiera, podemos ver que todas las formas de *Anchitherium europeas* actualmente conocidas se encuadran dentro de la única especie de Cuvier.

Hasta hoy no ha podido ser demostrada de una manera fehaciente la presencia del género *Anchitherium* en el Pon-

tiense de Europa. Wehrli señala la presencia del *A. aurelianense*—a base de un solo molar—en las bolsadas del Sidrolítico de Heuberg, Salmendingen y Melchingen del Pontense; pero hay que considerar este yacimiento como poco preciso, pues se puede sospechar siempre de mezclas de faunas de distintos niveles.

De las arenas de *Dinotherium* de Rheinhesse, en Alemania, Von Koenigswald (18) cita la presencia de un *Anchitherium aurelianense* de gran talla, a base de tres piezas dentarias, un molar superior y otro inferior, guardados en el Museo de Darmstadt, y otro molar superior—problemente un M 2—que se halla en el Museo de Main. Koenigswald hace referencia de esta última pieza, cuyas medidas son sólo ligeramente mayores que las de nuestra forma *ezquerrae*, y considera que los distintos depósitos de los Dinotheriensandes son unitarios en cuanto a su cronología, y por la presencia del *Hipparion gracile* concluye que el *Anchitherium* llega allí hasta el Pontense. Klähn, sin embargo, discute la citada unidad estratigráfica y sugiere que los yacimientos citados podrían ser un complejo estratigráfico que abarcara los niveles pontenses y sarmatienses, creyendo que la especie considerada podría proceder de este último horizonte. La talla, como hemos dicho, se acerca mucho a la de la var. *ezquerrae*, que es del Sarmantiense (M 1 superior de *A. aurelianense* var. *ezquerrae*, long. 22 mm.; M 2 del *A. aurelianense* de Rheinhesse, long. 24 mm.). Esta cita de Von Koenigswald, a pesar de acarrear algunas dudas, parece tener mucha más verosimilitud que la del Bohnerz, a que nos hemos referido más arriba. De todos modos, no se trata de una demostración tan evidente como en el caso de nuestro *Anchitherium* de Nombrevilla, que se ha hallado junto en la misma brecha osífera con el *Hipparion gracile*. Por lo demás, el *Anchitherium* de las arenas de dinoterios no difiere casi en absoluto

de la especie tipo, salvo quizá en una ligera tendencia a la hipsodontia, y con él no puede de ningún modo basarse una nueva especie, más aún tratándose de unos molares sueltos, como tampoco se admitió en definitiva por muchos paleontólogos la especie *ezquerrae* del Sarmatiense de Madrid.

EL GENERO "ANCHITHERIUM", EN ASIA

Del Terciario asiático se conoce una especie de *Anchitherium*, el *A. gobiense* Colbert, del yacimiento de Tung Gur, en Mongolia (13), que es de nivel vindoboniense. Como dice muy bien Viret, no obstante, la especie oriental es tan afín por sus caracteres y por su talla con la especie europea, que si se hubiese hallado en Europa se hubiera llamado *A. aurelianense* o *A. cf. aurelianense*.

Otra especie de Asia, el *Anchitherium zitteli* Schlosser (20), del Pontiense de Shansi, de una talla semejante a la de la forma de Rheinhesse (M 1 superior, long. 23,5 milímetros), ha sido referida posteriormente por Osborn al género americano *Hypohippus*, el cual, por lo demás, difiere escasamente del género *Anchitherium*. La especie china es hoy, pues, *Hypohippus zitteli* (Schlosser). Este paleontólogo sólo señala en ella ligeras diferencias en el M 3 superior y el D 2 inferior comparativamente a la especie europea; el M 3 superior posee un hipocono reducido en comparación con la pieza homóloga de *A. aurelianense*, en la cual esta punta es casi igual al protocono en potencia.

F I L O G E N I A

La familia de los Equidos es quizá de las mejor representadas paleontológicamente, dando lugar al establecimiento de diversas series filéticas, sin que por ello pueda decirse, sin

embargo, que la cuestión de la evolución de los mismos sea hoy ya una cosa resuelta. Desde Cuvier y Huxley hasta Kovalevsky, muchos autores han sugerido diversas teorías en este sentido, viendo las relaciones de los diversos géneros entre sí. Este último autor (21), modificando ligeramente las conclusiones de Huxley, estableció que los géneros *Equus*, *Hipparion*, *Anchitherium* y *Paleotherium* son estadios evolutivos de una misma serie, basándose en el estudio de las graduales modificaciones de las patas y de la dentición de los distintos Equidos actuales y fósiles. Posteriormente a los estudios de los autores mencionados, el hallazgo de numerosos géneros de Equidos fósiles en América del Norte ha venido a demostrar que la genealogía de esta familia puede hallarse de una manera mucho más completa en los estratos del Nuevo Mundo, tal como dice Marsh (22), que ha estudiado, con otros autores, los caballos fósiles americanos. De acuerdo con el presente estado de nuestros conocimientos (23), podemos concluir, puesto que así parece ser con clara evidencia, que los géneros europeos *Anchitherium*, *Hipparion* y *Equus* han emigrado, en distintas etapas, del continente americano y han invadido Europa. El género *Hipparion*, bien representado ya en los Siwalik medios, ha llegado allí a través de China, procedente de América del Norte, por Behring, invadiendo luego la región mediterránea de Europa junto con la demás fauna oriental, y por las regresiones del final del Mioceno se ha desparramado por toda la región meridional de la misma. Anteriormente, el género *Anchitherium*, a principios del Mioceno, había llegado a Europa después de haberse desgajado de la rama americana por el género *Miohippus*. Los géneros *Mesohippus*, *Miohippus*, *Hypohippus*, *Parahippus*, *Archeohippus* y *Anchitherium* representan la fase anchitérica de los Equidos, cuya rama se inaugura en América en el Oligoceno de Dakota del Sur y en el Burdigaliense en

Europa y no termina sino hasta el final del Mioceno o principios del Plioceno en ambos continentes.

Del género americano *Miohippus* se derivaría hacia Europa el *Anchitherium*—con jalones de esta migración en Asia—, mientras que evolucionando "in loco" daría lugar a los géneros *Hypohippus* y *Parahippus* en la propia América. El primero de dichos géneros americanos presenta claras convergencias con el género europeo, de tal manera que en muchos casos ha sido muy difícil diferenciarlos por sus caracteres estructurales casi idénticos, admitiéndose muchas veces la presencia del género *Anchitherium* en América del Norte (24). De todos modos, hoy parece prevalecer el criterio de incluirlos en el género *Hypohippus*.

DESCRIPCION DE LOS RESTOS Y COMPARACIONES

A continuación vamos a exponer un análisis preciso de los caracteres del *Anchitherium* de Nombrevilla, con el fin de compararlo con las distintas mutaciones o variedades de la especie europea *A. aurelianense*, para ver de aquilatar el valor que puede darse a las mismas, partiendo de un examen minucioso. Tendremos en cuenta para ello las características de la dentición inferior en sus dos estadios de desarrollo, juvenil y permanente, gracias al hallazgo de la mandíbula en pleno cambio dentario, así como a las del hueso mandibular. Por nuestra parte, hubiéramos querido completar el presente examen comparativo con la serie superior y con algunos huesos; pero, como hemos dicho más arriba, una exploración especial en este sentido en el yacimiento no dió ningún resultado, a pesar de una paciente búsqueda.

Tomando ahora uno por uno los caracteres que puedan

ser considerados, vamos, en primer lugar, a ocuparnos de la talla del Equido en cuestión.

Es necesario precisar de una manera concreta el valor que este carácter tiene al considerarse las distintas formas de los diferentes niveles, desde el Burdigaliense hasta el Sarmatiense. Ya hemos aclarado que la sola consideración de un ejemplar no basta para dar consistencia a la talla como carácter diferencial. En todos los niveles existen entre los diversos individuos algunas diferencias de talla, debidas a la amplitud de la variación individual y quizá sexual, de modo que puede resultar que una serie procedente de un individuo de pequeña talla del Helveciense sea inferior, por ejemplo, a la de uno muy desarrollado del Burdigaliense; dentro de ciertos límites razonables hay que constatar la variación estratigráfica de las tallas bajo el prisma de la consideración de un cierto número de ejemplares. No puede negarse, hecha la anterior salvedad—y en el caso del *Anchitherium*, tan pródigo en los diferentes niveles, ha podido ser perfectamente comprobado—, un gradual y patente desarrollo de la misma en orden cronológico ascendente. Ya hemos dicho antes que Klähn (16) admite diversas mutaciones del *Anchitherium aurelianense*, considerando los distintos niveles en que ha sido hallado: *blesense*, para el Burdigaliense; *helveciense* y *tortoniense*, para el Vindoboniense; a las que se puede añadir la forma *ezquerrae* para el Sarmatiense. Es evidente, pues, que puede seguirse la evolución del *Anchitherium* europeo a través de sus distintas mutaciones estratigráficas, bien escalonadas en el sentido del aumento de la talla, lo que, por otra parte, es la ley general en las series filéticas. Además, se ha apreciado en ellas la gradual variación progresiva de algunos caracteres dentarios, aunque estas mutaciones comprenden un espacio de tiempo quizá demasiado corto para que estas variaciones se marquen de una manera absolutamente

diferencial. Por lo demás, tenemos que considerar si es admisible que la especie creada por V. Meyer, *A. ezquerrae*, merezca ser desestimada para considerarla una simple mutación estratigráfica. Comparativamente a otras ramas de mamíferos fósiles, en las cuales los términos evolutivos no pueden ser seguidos con tanta claridad y en las que la progresiva variación se hace con mayor lentitud, quizá la diferencia entre el *A. aurelianense* de pequeña talla, muy braquidonto, del Burdigaliense y el del cerro de San Isidro y de Rheinhesse, algo hipsodontos y de gran talla, hubiera sido considerada como suficiente para una separación específica. Otro hecho a tener en cuenta es la progresiva homeodontia de los Equidos modernos, la cual no permite la diferenciación dentaria, que en este caso tiene menor plasticidad de adaptación de la que tienen los dientes de los Carnívoros, por ejemplo. Véase cómo en los Cérvidos y Cavicornios es muy difícil a veces distinguir a animales bastante separados con la sola consideración de la estructura dentaria, y debe recurrirse en este caso, principalmente, a las astas o a las protuberancias.

Un nuevo dato vamos a aportar hoy con el hallazgo de Nombrevilla, con el cual venimos a completar la serie filética de los *Anchitherium* europeos, de la cual es muy probable que sea el último representante.

Ciñéndonos, pues, ahora a la cuestión de la talla, veremos que el *Anchitherium* de Nombrevilla sigue la ley aumentativa de la misma. Pero interesa hacer constar aquí que la magnitud de este crecimiento no está en relación con lo que sucede en las mutaciones anteriormente consideradas. Por los datos que se pueden deducir de las piezas conocidas del *A. ezquerrae*, que es su más inmediato predecesor, podemos atribuir al Equido de Nombrevilla un aumento en la longitud de la serie inferior por lo menos de dos y medio cen-

tímetros, aumento, pues, bastante considerable. El *Anchitherium* de Rheinhesse, que es atribuido por V. Koenigswald (17) al Pontiense, pero discutida su verdadera situación estratigráfica por Klähn, es sólo ligeramente mayor que la forma *ezquerrae*.

A continuación damos las medidas de las piezas y series inferiores, comparándolas con las del *Anchitherium aurelianense* del Puente de Vallecas, de Madrid, que puede considerarse como de las mayores, si no la mayor, dentro del grupo de las formas del Tortoniense:

	<i>Anchitherium</i> de Nombrevilla — Milímetros	<i>A. aurelianense</i> del Puente de Vallecas — Milímetros
P 1.—Longitud máxima.....	?	9,5-10
Anchura máxima.....	?	5-6
P 2.—Longitud máxima.....	29,5	21,5-23
P 3.—Longitud máxima.....	28	20-21,5
P 4.—Longitud máxima.....	29,5	22,23
M 1.—Longitud máxima.....	27	21-22,5
Anchura colina anterior.	20	16
Anchura colina posterior.....	20,5	15
M 2.—Longitud máxima.....	27	20-20,5
Anchura colina anterior.	20	15
Anchura colina posterior.....	18	13,5
M 3.—Longitud máxima.....	30	23-23,5
Anchura colina anterior.	?	17
Anchura colina posterior.....	?	16,5
Longitud total de la serie.....	170	135
Longitud de la serie premolar.	88	67
Longitud de la serie molar....	84	67
Altura de la mandíbula entre M 1 y M 2:		
Cara externa	65	40
Cara interna	70	43

Comparativamente al *A. ezquerrae*, puede decirse lo siguiente: un M inferior, que en la forma de V. Meyer ostenta

24 milímetros de longitud, equivale a 27 milímetros en el nuestro. Un cálculo aproximado daría para la serie inferior del Equido de San Isidro una longitud total de 145 milímetros. De esta última forma se conoce sólo otra pieza, que es un M 1 superior que mide 22 por 22. Del *Anchitherium* de Rheinhesse, que junto con el anterior son de una talla hasta ahora la mayor de las conocidas, aunque fueron descubiertos dos molares superiores y uno inferior, sólo conocemos la magnitud de uno de los primeros, atribuido al M 2, el cual mide una longitud máxima de 24 milímetros; es decir, que la forma alemana sólo sería ligeramente mayor que *A. ezquerrae*.

La talla de las formas burdigaliense, helveciense y tortoniense son, como ya se ha dicho, mucho menores todavía. Para comprobarlo pueden observarse las medidas comparativas dadas en el trabajo de Klähn (16), aunque nosotros vamos a dar resumidamente algunas medidas de ejemplares procedentes de diversos yacimientos clásicos vindobonienses. Para una serie inferior, que, como hemos dicho, es para nuestro *Anchitherium* de 170 milímetros, encontramos estas otras: Sansan (25), 120 (c. a.); Stenheim (9), 125 mm.; Grive-Saint-Alban (8), 127 mm.; Puente de Vallecas (Madrid), 135 milímetros. Con los ejemplares procedentes del Burdigaliense (La Romieu (26), Chitenay (15), etc.) se observan aún mayores diferencias: Blesois (16), 103 mm. De todo lo dicho se infiere, pues, que nuestro *Anchitherium*, dudosamente, por este solo carácter de la talla, podría catalogarse dentro de la especie *A. aurelianense* (Cuvier), pues entonces sería necesario admitir para ella diferencias del orden de los siete centímetros en la longitud de la serie inferior, lo cual no resiste a la lógica.

A continuación damos las medidas de las piezas de leche, comparativamente también, a las de los ejemplares del Puente de Vallecas y a las de la dentición juvenil de la Hidroeléctrica:

	<i>Anchitherium</i> de Nombrevilla — Milímetros	<i>A. aurelianense</i> Puente Vallecas — Milímetros	<i>A. aurelianense</i> Hidroeléctrica — Milímetros
D 1.—Longitud máxima (alvéolo)	7	7	5
Anchura máxima (alvéolo)	5	5	3,5
D 2.—Longitud máxima.....	28	26	23,5
Anchura colina anterior.	14	10	10
Anchura colina posterior.....	17	13,5	12
D 3.—Longitud máxima.....	29	25	20,5
Anchura colina anterior.	17	13,5	12
Anchura colina posterior.....	20	15	12,5
D 4.—Longitud máxima.....	28	24	23
Anchura colina anterior.	20 (c. a.)	13,5	12,5
Anchura colina posterior.....	20 (c. a.)	14	13,5
Longitud serie de leche.....	86	83	73
Altura mandíbula entre D 2 y D 3.....	40	32 (c. a.)	31

Si se paralelizan estas últimas medidas comparativas con las que hemos dado más arriba referidas a la dentición permanente (*), se observará en el *Anchitherium* pontiense una marcadísima reducción de la serie de leche en contraste con las formas arcaicas; reducción que se concreta a cada una de las piezas juveniles. Este dato lo creemos de grandísimo interés, pues nos da idea de un animal mucho más evolucionado, lo cual, junto con otros caracteres que serán especificados a continuación, ha de tener, como veremos, importante significación.

De la observación de las medidas anteriormente consignadas se deduce que, mientras que en las mutaciones de la especie de Cuvier se observa que la relación de la serie pre-

(*) Las medidas de *A. aurelianense* del Puente de Vallecas han sido tomadas sobre los ejemplares números 3.198, 3.340, 3.342, 3.344, 3.360, 3.383, 3.388 y 3.397 de la Col. Villalta-Crusafont. El ejemplar de leche de la Hidroeléctrica es propiedad del Museo de Madrid.

molar a la molar es igual o inferior a la unidad, aquí lo es superior. Dicho de otro modo, tenemos que la región premolar es en aquellas formas más corta o igual que la región molar, mientras que aquí es algo superior. Algunos autores han hecho notar que el aumento de la talla de los *Anchitherium* se hace con crecimiento proporcionalmente mayor de la región premolar que de la molar; es decir, que mientras la región de los premolares se va alargando de una manera muy sensible, la molar aumenta relativamente poco. De esta manera, la región anterior, que había sido muy corta, se llega a hacer igual que la región molar; en nuestro caso, incluso la llega a superar en longitud.

Importa, además, hacer notar aquí la gran potencia del hueso mandibular en el *Anchitherium* de Nombrevilla, según puede muy bien observarse al examinar el primer cuadro de medidas anteriormente consignado. En efecto, para una serie inferior de 170 milímetros, hallamos una altura de mandíbula de unos 70 en el Equido del Pontense, mientras que sólo llega a 40 milímetros para una serie de 135 milímetros en el fuerte *A. aurelianense* del Puente de Vallecas. El animal de Nombrevilla alcanzó, pues, una talla que podríamos llamar gigante dentro de su género, y ello nos lo revela no sólo la magnitud de las series dentarias, sino la gran potencia de su mandíbula, muy desarrollada.

Estos son los notables datos que nos suministran las medidas comparativas anteriormente expuestas. Nos falta ahora considerar la estructura general de los dientes, la cual nos ha de proporcionar asimismo resultados concluyentes. Conviene ante todo hacer notar la marcada hipsodontia de las piezas dentarias, hipsodontia aquí ya considerable, semejante a la que se observa en el *Hypohippus matthewi* Barbour (27), (28), del Pontense de América del Norte con respecto a las demás especies de este último género, que son

braquidontas, como lo son las hasta ahora conocidas de *Anchitherium*. Quizá la forma de los *Dinotheriensandes* tendría una ligera tendencia a la hipsodontia, la cual, de todos modos, no llegaría a ser tan marcada como lo es en el Equido de Nombrevilla. Esta hipsodontia se alía aquí con la casi completa anulación del cíngulo basal, que en el *A. aurelianense* es tan marcado. En las piezas de leche este cíngulo puede considerarse obsoleto.

El metastílido de los molares inferiores se mantiene en nuestra especie más marcadamente bifido que en la especie

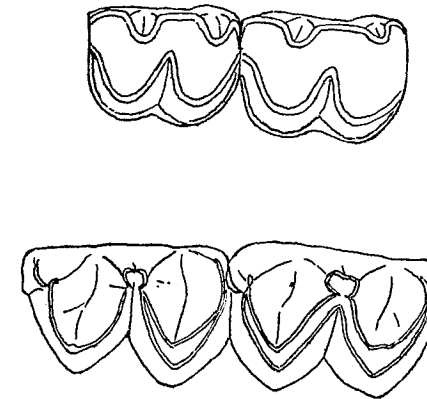


FIG. 5.—Comparación de los molares inferiores del *Anchitherium aurelianense* (Cuvier) (arriba) con el *Anchitherium sampelayoi* nova sp. (abajo). M 1 y M 2 inferiores derechos. El primero, del Vindoboniense del Puente de Vallecas (Madrid), y el segundo, del Pontense de Nombrevilla (Zaragoza). Cara oclusal. Tamaño natural. Nótese la mayor homeodontia en la forma evolucionada del Pontense.

de Cuvier, según puede observarse en los dibujos que se incluyen en este trabajo.

De la observación de las piezas inferiores y de las medidas que se han dado anteriormente se deduce en nuestro ejemplar una tendencia a una más marcada homeodontia, carácter éste muy evidente cuando se analiza la serie de los

tres molares. En efecto, mientras que en *A. aurelianense* se observa, por regla general, una desigualdad en longitud y anchura en M 1 y M 2, aquí estas dos piezas son de la misma longitud y casi idénticas en anchura. Y mientras que en la especie de Cuvier las colinas anteriores son más anchas que las posteriores en ambos molares, aquí son exactamente iguales en el M 1, y sólo ligeramente más estrecha la segunda que la primera en el M 2. Además, el M 3 tiene una tendencia a igualarse en longitud a los molares precedentes por la disminución clara de su talónido. Esta pieza es más reducida proporcionalmente que en las formas conocidas.

Otros detalles diferenciales podemos hallar en la observación de las piezas juveniles, además de la que queda consignada en cuanto a la considerable reducción de la misma. Así, principalmente, la reducción en longitud del D 2 es mu-

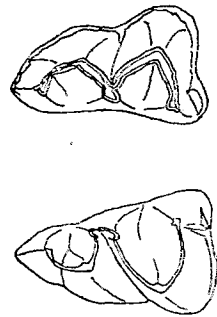


FIG. 6.—Comparación del D 2 inferior derecho del *Anchitherium aurelianense* (Cuvier) (arriba) del Puente de Vallecas (Vindoboniense) con el D 2 inferior izquierdo del *Anchitherium sampelayoi* nova sp. de Nombrevilla (Zaragoza). Cara oclusal. Tamaño natural.

cho más acentuada que la de los otros dientes de leche y el acortamiento y estrechez de su primera media luna, lo que da al diente una forma triangular acortada con respecto a las piezas homólogas del *A. aurelianense*. Aquí hemos incluido unos dibujos de las piezas comparadas en esta exposición con

el fin de hacer más evidentes y comprensibles los detalles de diferenciación a que hemos hecho referencia.

Un anchitérico comparable hasta cierto punto, por la talla, con el de Nombrevilla es el *Hypohippus zitteli* (Schlosser), la longitud de cuya serie inferior sería, aproximadamente, de unos 155 milímetros, que como se ve es aún inferior a la de nuestro ejemplar. Pero, como hemos dicho anteriormente, este Equido, primitivamente considerado como del género de Von Meyer, ha sido luego traspasado al género americano. Merriam hace notar, además, sus relaciones de afinidad con *Parahippus* (?) *mourningi* Merriam (29), del Mioceno de Mohave Desert, en California. Por lo demás, *H. zitteli* es un anchitérico más primitivo a pesar de la talla, por su dentición braquidonta, la presencia de un marcado cíngulo en los molares inferiores y la menor reducción de su dentición juvenil.

La talla del *Anchitherium* de Nombrevilla sólo es francamente superada por un Equido americano de la subfamilia, el *Hypohippus matthewi* Barbour, del Pontiense de América del Norte, del que hemos hablado ya anteriormente, el cual, además de presentar los caracteres propios del género de Leydy, muestra unos molares superiores marcadamente hiposodontos, con aparición de cemento hasta la mitad de altura de la corona, lo que no se observa en absoluto en el nuestro (*).

CONCLUSIONES Y DIAGNOSTICO

Resumiendo, pues, el Equido aragonés es un *Anchitherium* de talla gigante, sólo francamente superada por el *Hypohippus matthewi* del Pontiense de América del Norte, muy evolucionado, constituyendo la forma más avanzada de los

(*) *Hypohippus affinis* Leydy e *H. nevadensis* Merriam (30) son de una talla análoga a la de nuestro anchitérico.

Anchitherium europeos por la marcada hipsodontia de sus molares inferiores y la casi absoluta anulación del cíngulo basal, por el gran desarrollo de su región premolar, por su progresiva homeodontia y por la extraordinaria reducción de su dentición juvenil. Los grados que le separan de la forma *A. ezquerrae* son mucho más marcados que los que separan a ésta de la especie tipo del *A. aurelianense*. Se trata, pues, de un extremo terminal de rama filética convergentemente a lo que sucede en *Hypohippus matthewi* en relación con los demás *Hypohippus* americanos.

Todas nuestras consideraciones, resultantes del análisis de las piezas que actualmente poseemos, aptas, según se ha visto, para permitir una holgada comparación, nos llevan a considerar el *Anchitherium* de Nombrevilla como una nueva especie, puesto que no es lícito encuadrar dentro de la misma especie a dos términos filéticos tan distantes no sólo estratigráficamente, sino morfológicamente, como la forma pequeña y braquidonta del *A. aurelianense* del Burdigaliense y la gigante e hipsodonta del Pontiense. Para esta especie propondríamos el nuevo nombre de *Anchitherium sampelayoi*, en homenaje a nuestro distinguido amigo el ilustre paleontólogo D. Primitivo Hernández-Sampelayo, en atención a la protección que ha prestado a nuestras empresas. Su diagnóstico sería el siguiente:

"Anchitherium" terminal, evolucionado, de gran talla, con marcada tendencia a la hipsodontia, cíngulo basal casi obsoleto, más aún en las piezas juveniles; homeodontia más marcada que en las formas arcaicas, extraordinaria reducción de la dentición de leche, forma especial del D 2.

Como se ve, pues, el género *Anchitherium*, que se consideraba extinguido en el Vindoboniense, llega a ser contemporáneo del *Hipparion* en los yacimientos españoles. No parece que esto sea una regla general en Europa, por lo menos

hasta el estado actual de nuestros conocimientos. Con ello parece poderse deducir que en ciertas regiones privilegiadas, en cuanto a las condiciones geográficas y climáticas, las formas de origen vindoboniense hubieran sobrevivido más ampliamente—tal como acontece en España—hasta alcanzar las nuevas especies de origen oriental llegadas en el Pontiense. De esta cuestión, que en otro momento será tratada más ampliamente por nosotros, se deduce la exactitud de la idea de Gignoux de considerar a las formas típicas o representativas como valederas sólo hasta dentro de ciertos límites (31).

BIBLIOGRAFIA

- 1.—FERRANDO MÁS (P.).—“Nota preliminar sobre el yacimiento fosilífero de Nombrevilla (Zaragoza).” *Publ. de la Acad. de Ciencias Exactas Físico-quím. y Nat. de Zaragoza*.—Zaragoza, 1924.
- 2.—HERNÁNDEZ-PACHECO (F.).—“Nota sobre la estratigrafía y los mamíferos miocénicos de Nombrevilla (Zaragoza).” *Bol. del Instituto Geol. y Min. de España*, tom. XLVII.—Madrid, 1926.
- 3.—VILLALTA (J. F. DE) y CRUSAFONT (M.).—“Comunicación acerca de los primeros Giráfidos fósiles de España.” Presentado al Congreso en Córdoba de la Asoc. Esp. para el Prog. de las Ciencias, 1944.
- 4.—ROYO Y GÓMEZ (J.).—“Tectónica del Terciario continental ibérico.” *Congrés Geol. Intern. Comp. Rend. de la XIV^{ème} session*, 2 fas.—Madrid, 1926.
- 5.—HERNÁNDEZ-PACHECO (E.).—“Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia.” Junta para Amp. de Est. e Invest. Cient. Com. Inv. Paleont. y Prehist. Mem. 5.—Madrid, 1915.
- 6.—HERNÁNDEZ-PACHECO (F.).—“Fisiografía y paleontología del territorio de Valladolid.” Junta para Amp. de Est. e Invest. Cient. Com. Invest. Paleont. y Prehist. Mem. 37.—Madrid, 1930.
- 7.—HERNÁNDEZ-PACHECO (F.).—“Un nuevo yacimiento de vertebrados fósiles del Mioceno de Madrid.” *Bol. de la R. Soc. Esp. de Historia Nat.*, tom. XXVI.—Madrid, 1926.
- 8.—DEPERET (CH.).—“Vertébrés miocènes de la Vallée du Rhône.” *Arch. du Musée d'Hist. Nat. de Lyon.*, tom. IV.—Lyon, 1887.
- 9.—FRAAS (O.).—“Die fauna von Steinheim, mit Rücksicht auf die mio-canen Säugetiere und Vogelreste des Steinheimer Beckens.”—Stuttgart, 1870.
- 10.—MEYER (H. V.).—“Tertiäre Knochen von *Anoplotherium*, *Choeropotamus*, *Sus*, *Mastodon* bei Madrid.” *Neues Jahrbuch für Min. Geog. und Pet. Kunde von Leonhard und Bronn.*—Stuttgart, 1840.
- 11.—HERNÁNDEZ-PACHECO (E.).—“Los Vertebrados terrestres del Mioceno de la Península Ibérica.” *Mem. de la R. Soc. Esp. de Hist. Natural*, tom. IX, Mem. 4.—Madrid, 1914.
- 12.—GERVAIS (P.).—“Description des ossements de mammifères fossiles rapportés d'Espagne par MM. Verneuil, Colomb et De Lorière.” *Bull. de la Soc. Geol. de France*, vol. X, 2^{ème} ser.—Paris, 1853.
- 13.—BORISSIAK (A.).—“On the remains of *Anchitherium* from the Middle Miocene of North Caucas.”—*B. Ac. Sc. U. R. S. S. núm. 1.*—Moscou, 1938.

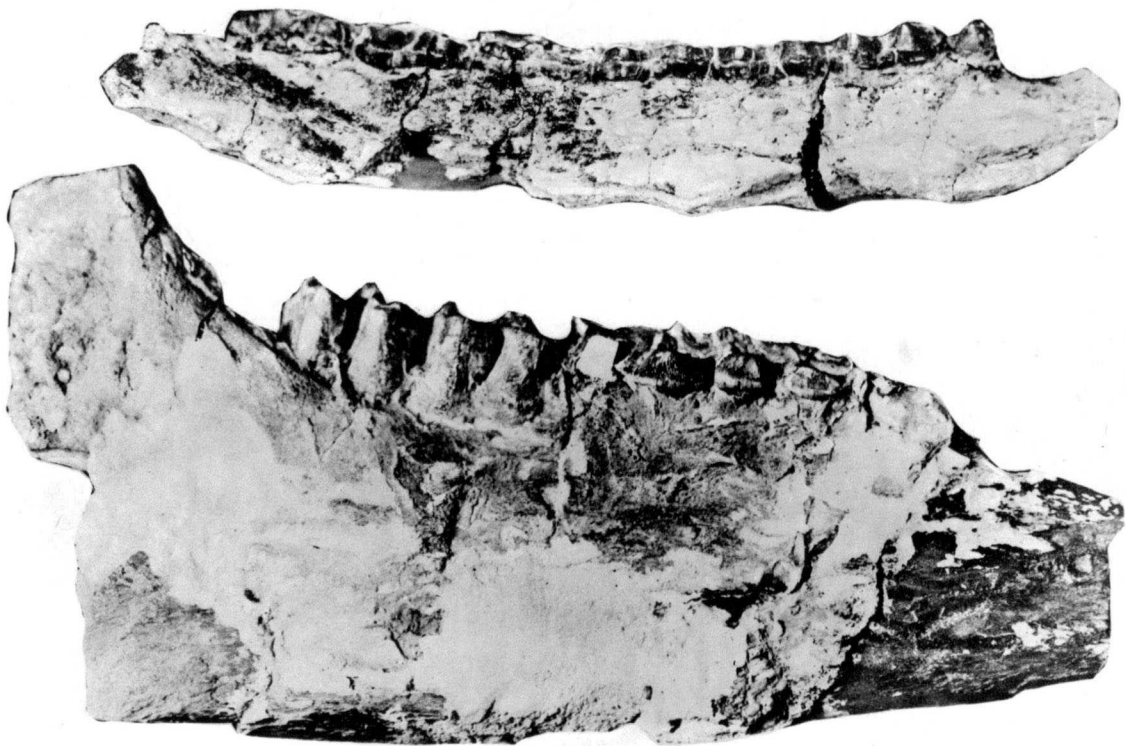
- 14.—COLBERT (E. H.).—“A new Anchitheriinae Horse from the Tung-Gur formation of Mongolia.” *American Museum Novitates*, núm. 1.019. New-York, 1939.
- 15.—STEHLIN (H. G.) y HELBIG (H.).—“Catalogue des ossements de mammifères tertiaires de la Col. Bourgeois.” *Bull. núm. 18 de la Soc. d'Hist. Nat. et d'Ant. de Loir-et-Cher.*—Blois, 1925.
- 16.—MAYET (L.).—“Etude des mammifères miocènes des sables de l'Orléannais et des faluns de la Touraine.” *Annales de L'Université de Lyon.*—Lyon, 1908.
- 17.—KLAHN (H.).—“Die Säuger des badischen Miozäns.” *Palaontographica*. Band. LXVI.—Stuttgart, 1925.
- 18.—KÖNIGSWALD (R. v.).—“Die Bedeutung der Equiden für die Altersstellung des rheinhessischen Dinotheriensandes.” *Centralblatt für Min. Geol. und Pal.* Abt. B.—Stuttgart, 1931.
- 19.—KLAHN (H.).—“Ist der *Dinotheriensand* Rheinhessens ein einheitlicher oder zusammengesetzter Komplex?” *Centralblatt für Min. Geol. und Pal.* Abt. B.—Stuttgart, 1929.
- 20.—SCHOSSE (M.).—“Die fossilen Säugetiere Chinas etc.” *Abh. k. bayer Akad. d. Wiss.* II.—München, 1903.
- 21.—KOWALEVSKY (W.).—“L'*Anchitherium aurelianense* Cuvier et sur l'histoire paleontologique des Chevaux.” *Mem. de l'Acad. Imp. de Sciences de Saint Petersburg*. VII serie, tom. XX.
- 22.—MARSH (O. C.).—*American Journal of Sciences*, vols. XVII y XLI. 1879 y 1892.
- 23.—ZITTEL (K. A.).—“Text-book of Palaeontology.” Vol. III. Mammalia. Macmillan and Co.—London, 1925.
- 24.—ROMER (A. S.).—“A lower miocene horse, *Anchitherium agatense* (Osborn).” *American Journal of Science*. Fifth ser. Vol. XII.—New-Haven, 1926.
- 25.—FILHOL (H.).—“Etudes sur les mammifères de Sansan.” G. Masson, editeur.—Paris, 1891.
- 26.—VIRET (J.).—“Les faunes de mammifères de l'Oligocène supérieur de la Limagne bourbonnaise.” *Annal. Université de Lyon*. N. S. fasc. 47.—Lyon, 1929.
- 27.—BARBOUR (E. H.).—“A new fossil Horse, *Hypohippus matthewi*.” *Geol. Survey*, vol. 4.—Nebraska, 1914.
- 28.—OSBORN (H. F.).—“Equidae of the Oligocene, etc.” *Mem. American Mus. of Nat. Hist.* New series, vol. II, p. 1.—New-York, 1918.
- 29.—MERRIAM (J. C.).—“New Anchitheriinae Horses from the Tertiary of the Great Basin Area.” *University of California Publications*. Bull. of the Depart. of Geology, vol. 7, núm. 22, 1913.
- 30.—STOCK (CH.).—“Anchitheriinae Horses from the Fish Lake Valley region, Nevada.” *University of California Publications*. Geological series, vol. XVI.—Berkeley, 1925-27.
- 31.—GIGNOUX (E.).—“Géologie stratigraphique.” 3^{ème} edition. Masson et Cie.—Paris, 1943.



ANCHITHERIUM SAMPELAYOI nova sp. Mandíbula derecha con D 2, D 3, D 4, M 1 y M 2 y, en germen P 2, P 3, P 4 y M 3. Cara interna. Tamaño 3/4. Pontiense. Nombrevilla (Zaragoza). HOLOTIPO. Col. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.

Fot. Andrés-Villalta



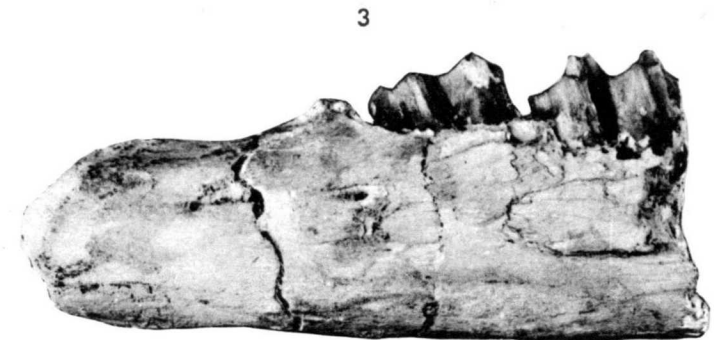
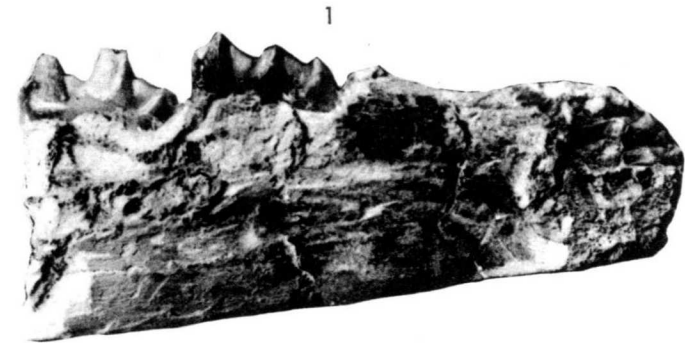


ANCHITHERIUM SAMPELAYOI nova sp. Abajo, la misma mandíbula de la lámina anterior, por la cara externa. Tam. 3/4. Compárese, arriba con *Anchitherium aurelianense* (Cuvier). Mandíbula derecha con la serie completa, cara externa. Tam. 3/4 del Vindoboniense del Puente de Vallecas (Madrid). Col. Villalta-Crusafont.

Fotos Andrés-Villalta



ANCHITHERIUM SAMPELAYOI nova sp. La misma mandíbula de las láminas anteriores, vista oclusal. Tamaño 3/4. Arriba, la misma mandíbula del *Anchitherium aurelianense* (Cuvier) del Puente de Vallecas de la lámina anterior. Tam. 3/4.



ANCHITHERIUM SAMPELAYOI nova sp. Fragmento de mandíbula izquierda de leche con alvéolo del D 1, y los D 2 y D 3. 1). Cara interna. 2). Cara oclusal. 3). Cara externa. Tam. 1/2. COTIPO. Pontiense. Nombrevilla (Zaragoza). Col. Villalta-Crusafont.

Fotos Andrés-Villalta



**NUEVOS HALLAZGOS DE FOSILES EN
EL PALEOZOICO DE GALICIA**

POR

JOSE G. SABARIEGOS

INGENIERO DE MINAS

JOSE G. SABARIEGOS

INGENIERO DE MINAS

NUEVOS HALLAZGOS DE FOSILES EN EL PALEOZOICO DE GALICIA

En nuestras excursiones geológicas por las sierras de San Mamed y los montes del Invernadero, en el estudio de regiones estañíferas, hemos tenido la suerte de encontrar algunos restos fósiles en estos terrenos paleozoicos, los que, por su escasez, creo de interés dar a conocer, como modesta aportación de datos, al Siluriano y Cambriano.

En el plano geológico escala 1 : 400.000 está dibujada como perteneciente al Cambriano una serie estratigráfica que se extiende desde la sierra de San Mamed a la frontera portuguesa, al sur de Sontochao, que sigue una dirección aproximadamente Sudeste y se prolonga en Portugal como mancha más estrecha y de la misma dirección, clasificada como siluriana, serie que está constituida por una repetición de pliegues en la que alternan diversos estratos. La parte de esta zona dentro de nuestro país está limitada al Oeste por la masa granítica de Nocelo da Pena, entre las que se intercala una mancha de pizarras muy metamorfozadas, interesante desde el punto de vista de los criaderos de estaño y de wolfram, que Mallada atribuye al estrato cristalino. Posteriormente ha sido rectificadada su clasificación por D. Primitivo H. Sampelayo, como se indica más adelante.

La presencia de granito en la cumbre de la sierra de San Mamed fué señalada por Schulz en su *Descripción Geognós-*

tica del Reino de Galicia, aunque posteriormente no figura en el plano geológico escala 1 : 400.000, posiblemente por su pequeña extensión. En su plano dibuja la sierra de San Mamed como del terreno Primitivo o Arcaico, y los montes del Invernadero como de terreno de Transición (Cambriano y Siluriano).

Don Primitivo H. Sampelayo (1) relaciona estos estratos con los de Guitiriz y Cova da Serpe, de facies siluriana, y los atribuye al Paleozoico, sin determinar con precisión el horizonte por la carencia de fósiles.

En mis excursiones por la mitad septentrional de la zona que nos ocupa he podido comprobar la continuidad de los estratos metamorizados del este de Villar de Barrios con las formaciones de Nocelo del Valle y montes del Invernadero, por lo que creo pertenecen a una misma edad geológica. Desde Tamicelas a Rebordechao se extiende una serie de hasta tres pliegues sucesivos con dirección Noroeste y buzamiento dominante al Sudoeste. Al norte de este último pueblo he recogido un ejemplar de *Vexillum Halli* (nivel de la cuarcita armoricana), cuya fotografía se acompaña (fig. 1), y en el camino a Castro de Escuadro, en hiladas que corresponden a un nivel inferior, *Tigilites* planos y algunos perforantes (Cambriano superior).

Al norte del pueblo de Campobecerros hemos encontrado, en pizarras azules y negras, señales de *graptolitos*, y más al norte, en la proximidad de la casa de la Ribera Pequeña, un abundante yacimiento de *graptolitos*, sin que hayamos podido recoger buenos ejemplares que permitan su clasificación.

En la orilla izquierda de la Ribera Grande, al sur de la casa de este nombre, en la desembocadura del arroyo Dos Colados hemos hallado un *Incertaecedis* (Nereites ? del Gotlandiense) (fig. 2), y siguiendo este arroyo aguas arriba hacia

(1) *El Sistema Siluriano*.

el Este, nuevamente ejemplares de *Vexillum Halli*, y otros más al Este de *Tigilites Dubois* ? (Cambriano superior).

En resumen: los datos aportados en esta nota acusan la presencia de los sistemas Siluriano y Cambriano en una región que, por la dificultad de comunicaciones, es poco conocida en sus detalles.

He de agradecer a D. Primitivo H. Sampelayo sus atinados consejos y su valiosa ayuda al clasificarme los fósiles recogidos.

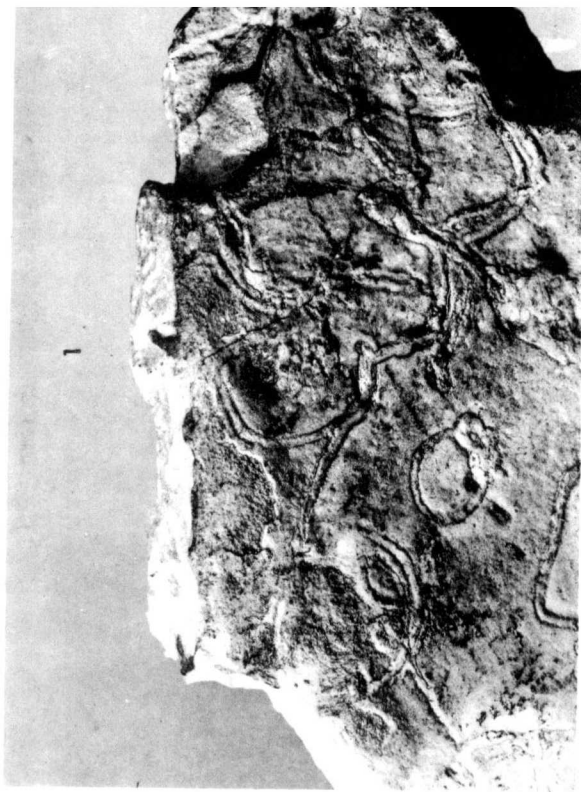


Fig. 1.—Vexillum Halli - Rou.
Tamaño 1/2

Fig. 2 — Incertaesedis.
Tamaño natural



COMARCAS DEL CENTRO Y NORTE DE AVILA

**NOTAS REFERENTES A SUS AGUAS
SUBTERRANEAS**

POR

A. de ALVARADO

INGENIERO DE MINAS

A. DE ALVARADO

INGENIERO DE MINAS

COMARCAS DEL CENTRO Y NORTE DE AVILA

NOTAS REFERENTES A SUS AGUAS SUBTERRANEAS

I

ZONA CENTRAL

Si examinamos detenidamente un mapa geológico de esta provincia, salta a la vista que, para estudio de su hidrología, pueden separarse en ella cuatro zonas esencialmente distintas, las cuales, de sur a norte, son las siguientes:

1.^a Macizo de Gredos, Guadarrama y sus vertientes, incluyendo Sierra Paramera, Sierra de Villafranca y Sierra Baldíos de Avila. 2.^a Valles del Adaja y del Corneja. 3.^a Sierras de Villanueva y de Avila, con sus prolongaciones. 4.^a Zona de los llanos septentrionales.

De estas zonas o sectores, la primera y tercera están integradas por repetidas alineaciones montañosas pertenecientes a la Cordillera Central, y tanto en el elevado macizo de Gredos-Guadarrama como en los montes, de menor altitud, que rodean a la capital, a Piedrahita y a El Barco de Avila, dominan los terrenos graníticos y estratocristalinos con alguna mancha cambriana de escasa extensión. Son estas tierras altas ricas en nieves y aguas superficiales, presentándose también en ellas numerosas fuentes o manantiales, y suelen ser más importan-

tes los alimentados por grietas o diaclasas en relación con los lagos y circos glaciares próximos a las cumbres.

Por su constitución litológica, en que dominan las capas impermeables con grietas irregulares, ni estas montañas ni los valles del Tormes, Tiétar y Alberche, parece lógico encierren verdaderas capas de aguas subterráneas y, desde este punto de vista, ofrecen interés más limitado, si bien cabe hacer mucho en cuanto a aumento de las infiltraciones y regulación de torrenteras.

Tan sólo las depresiones centrales de la provincia—valles del Adaja y del Corneja—y, sobre todo, los llanos de la zona septentrional, tanto en los alrededores de Arévalo y Madrigal como al sur de dichas villas y en otros parajes de La Moraña, ofrecen interesantes probabilidades para el estudio y subsiguiente alumbramiento de aguas artesianas.

Hace ya muchos años son conocidas y utilizadas las aguas, tan valiosas en verano, que surgen en múltiples localidades de estas llanuras intensamente cultivadas, a pesar de su escasez de lluvias. En el estudio geológico antiguo, pero valioso, de F. Martín Donayre, se señalaba la existencia de importantes manantiales en Fontiveros, Flores de Avila, Císla y otros muchos términos de estas tierras llanas. Otras comarcas que carecen de fuentes han alumbrado aguas con pozos de escasa profundidad.

Por todo ello, estimamos que lo más interesante para la agricultura provincial sería un estudio detallado de las vertientes septentrionales de las sierras de Villanueva, de Avila y de Ojos Albos y de la estratigrafía de las comarcas llanas—al oeste y sur de Arévalo—para, a partir del contacto de las formaciones antiguas (graníticas y cambrianas) con las terciarias y modernas, llegar a determinar, de modo relativamente preciso, la importancia y profundidad de las capas de aguas subterráneas.

En cuanto a las llanuras centrales, mucho más pequeñas, que corresponden a los valles de Amblés y del Corneja, también cabe en ellos aumentar los alumbramientos de agua ya iniciados. A continuación extractamos los datos que, en nuestra visita de julio de 1943, tuvimos ocasión de recoger.

CARRETERA DE VILLACASTIN

Junto a *Aldeavieja*, límite provincial, en la carretera a Villacastín, sobre contacto de granito y terciario, marca el altímetro 1.200 metros; el terreno, muy quebrado, tiene cursos de agua torrenciales, cual los arroyos Tijera y Vallejuelo, a 1.180 y 1.205 metros cota en sus puntos de cruce con carretera. La fuerte pendiente de las torrenteras no favorece acumulación de arenas ni aguas subálveas; sólo parecen indicadas pequeñas presas y embalses.

El pueblo de *Berrocalejo*, cota 1.100 en sus casas más altas, se halla sobre granito y en ladera de suave pendiente al arroyo Cuquilla, que es cortado a 1.088 metros de altitud por carretera a Avila (al este del pueblo); en ladera occidental brota manantial de cierta abundancia. El arroyo es intermitente, pero debe de llevar alguna agua subálvea en verano, pues las márgenes tienen lozana vegetación de juncos y algún arbolado de chopos.

Vicolozano, cota 1.160, y en igual formación geológica, tiene un pozo con motor, en huerta o dehesa del Pinar, distante unos tres kilómetros al Oeste, y otro pozo con noria en huerta de D. José Sánchez Díaz, con excavación de unos cinco metros de profundidad, alimentada por chorrillo de agua que brota en guijas.

VALLES DE AMBLÉS Y DEL CORNEJA

Salobral, cota 1.078, tiene una fuente que toma su agua de manantial distante unos dos kilómetros, en término de Muñopepe, llamado Las Higueras; hacia el norte de este pueblo de Salobral se practican numerosos pequeños pocillos, que a uno o dos metros de profundidad encuentran algo de agua, habiéndose profundizado un pozo hasta cerca de 40 metros sin hallar más agua.

El mapa geológico señala el terreno del empalme de las carreteras de Arenas y de Piedrahita como Mioceno, igual que el pueblo de Salobral; sin embargo, su superficie es de facies diluvial.

En *La Serrada*, *Salobral* y *Niharra*, *Solosancho* y *El Fresno* se han perforado pozos de unos 30 a 45 metros, con resultado negativo; hay la creencia popular de que sólo en el ángulo comprendido entre las carreteras de Arenas y Barco de Avila se encuentra agua surgente.

Niharra, a 1.082 metros, tiene varias norias próximas al Adaja, profundizadas sólo a unos tres metros y medio; obtienen agua abundante, que queda a un metro y medio bajo la superficie y hállase el caserío junto a contacto de las formaciones miocena y aluvial.

Una fuente abundante surte al pueblo, con excavación sólo de un metro bajo los prados vecinos que la alimentan; mas su régimen y vegetación de los alrededores indican probable comunicación con aguas subálveas del río Adaja.

En *Solosancho*, cota 1.118 metros, junto a contacto entre mioceno y granito, el pueblo está edificado sobre granito, y en él, a unos 400 metros al Sudoeste, se ha perforado un pozo hasta 35 metros, sin hallar agua.

Parece indicado hacer perforación, en busca de agua ar-

tesiana, a unos cuantos cientos de metros al norte del pueblo, al salir del terreno granítico y entrar en el diluvial o mioceno del valle.

En *Narros del Puerto*, cota 1.150 metros, el problema de agua está resuelto con fuentes, distantes a un kilómetro al sur (del Recajo y de Los Moros), que brotan entre las peñas de la vertiente norte de La Serrota. El embalse de los molinos del río Uraque es, hasta ahora, suficiente para riego en verano.

En *La Serrada*, al oeste-sudoeste del pueblo, sobre terreno terciario y a unos 400 metros al sur de la sierra granítica, se perforó pozo, o mejor dicho taladró a cota 1.080 metros, que llegó a 40 metros sin dar agua.

Cerca de *Padierno*, en su zona sur, hay varios pozos artesianos sitios sobre capas aluviales y miocenas, próximos a la carretera de Piedrahita, que han dado agua surgente; los situados en finca de Hipólito Muñoz se hallan a 1.095 metros de cota aproximada.

El primero de ellos llegó a 33 metros de profundidad; llenaba un depósito rectangular de 23 metros cúbicos, al principio tres veces al día y ahora sólo dos veces al día.

Un segundo pozo tiene el tubo de surgencia a cuatro metros bajo la superficie para aumentar su caudal, y excavado, un algibe de $2,50 \times 4,50 \times 6,00$ de profundidad; un motor de gasolina lo agota tres veces al día, o sea un caudal de $3 \times 67,25 \text{ m}^3 = 201,75 \text{ m}^3$.

Según el dueño de la huerta, el primer taladro, y casi idénticamente el segundo, cortaron hasta unos 15 metros terreno suelto arenoso; más abajo, un banco de arcilla dura de un metro de espesor; bajo él vino arena suelta menuda, que dió agua a los 22 metros de profundidad; como el caudal era escaso, se continuó la perforación, hasta hallar, a los 33 metros, arenas gruesas, que dieron agua surgente con mayor caudal.

Otros cinco taladros se han hecho en fincas vecinas, obteniendo agua en menor cantidad, a profundidades de unos 40 metros, mientras en el mismo caserío del pueblo se ha hecho otra perforación, de resultado negativo, hasta 49 metros; su emplazamiento en borde norte del pueblo se halla a 1.102 metros de cota aproximada, y dista sólo unos 300 metros del borde de la cadena montañosa septentrional, hallándose relativamente alejado de la zona axial del valle, pues dista 600 metros de la carretera.

En *Muñogalindo* (Salobralejo), pueblo situado en el mismo horizonte geológico, se han dado tres pozos artesianos a 1.104 metros de cota; uno de ellos llega sólo a 30 metros y da poca agua, y el otro, a los 36 metros, es algo más abundante.

Villatoro, en carretera a Barco, se halla a unos 1.182 metros de cota; está enclavado sobre terreno granítico. Hay varios manantiales, de los cuales, el más importante, Fuente de la Tejera, dista unos dos kilómetros al Norte-Noroeste, y hay un pozo excavado en roca hasta profundidad de siete metros.

Amavida hállase en el borde del terreno montañoso granítico y llano diluvial; se ha intentado, sin resultado, perforación hasta 50 metros en cota 1.168.

Muñana se halla sobre terreno diluvial, también junto a borde de la sierra granítica septentrional, y las casas más bajas se hallan a unos 1.163 metros de cota.

La Torre, en Valle de Amblés, señalada como terreno mioceno, aunque de facies diluvial, se halla situado a unos 1.130 metros de cota; sólo tiene norias; condiciones para taladros artesianos, dudosas.

Mesegar del Corneja, cota 1.016, tiene terrenos de vega en la ribera del río con abundantes aguas subálveas, de tres a siete metros de profundidad, en arenas sobre varias capas de arcilla compacta. Ninguna indicación favorable a aguas subterráneas

profundas. Solicitan embalses del Corneja en término de Villafranca para regar extensa superficie llana, hoy sembrada con cereales de secano.

Malpartida, en su meseta superior, algo elevada sobre valle del Corneja, cruzada por carretera de Piedrahita a Collado del Mirón, tiene una cota aproximada de 1.032 metros, y el alumbramiento de aguas artesianas para regar extensísimo llano de buena tierra vegetal que se extiende hacia el Oeste parece problemático.

Los arroyos Juncal y otros riegan un vallejo y estrecha vega próximos al pueblo; en ellos, por medio de norias, se extrae, a pequeñas profundidades de tres a seis metros, agua subálvea muy abundante.

Piedrahita, sita en ladera sur del valle aluvial y ya sobre granito; en los alrededores tiene cotas de 1.050 y 1.060 metros; en la plaza, con aguas subálveas, muy importantes a unos dos metros bajo la superficie en las vegas inmediatas al río Corneja. Los riegos se facilitan, además, por numerosos arroyuelos, de los cuales el más indicado para embalse parece ser el arroyo de Santiago, en paraje La Pesqueruela; asimismo es interesante el arroyo de El Espinar, y los otros son demasiado pendientes.

Villar de Corneja, a cota 1.005, se halla sobre el extremo del eje del valle del río de su nombre, en terreno ya granítico.

En el paraje llamado Los Alijares, grupo de norias de tres y medio o cuatro metros de profundidad, en arenal inmediato a orilla derecha del río; cota 975 metros; agua sólo hasta unos días después de agotarse el río.

No está indicada en estos parajes ejecución de ninguna otra obra para alumbramiento de aguas más profundas.

ZONA GRANITICA DE EL BARCO DE AVILA

En *El Barco de Avila* marca el altímetro el 9, tarde, 1.015 metros de cota, y el 10, mañana, 1.014. Corresponden el pueblo y su término a zona montañosa granítica y estrato-cristalina cruzada por el Tormes y numerosos torrentes que bajan de Sierra de Gredos.

Se riegan muchas pequeñas huertas y patatares de altura, muy cotizados para siembra; para mejora de riegos están indicadas presas y embalses en el río y los muchos barrancos y torrenteras que a él afluyen, no estando en esta comarca particularmente indicada la ejecución de obras para alumbrar aguas profundas.

En *La Aldehuela*, terreno granítico en el valle del río Caballeruelo, que corre paralelo a la carretera de El Barco, marca el altímetro 1.067 metros de cota; tiene también el arroyo Garganta del Poyal, que corre todo el año, y partiendo sus aguas con el pueblo de Santiago del Collado, en cuyo término nace, sirve para riego de fincas de ambos términos. Otros arroyos, Bulicia y del Hita; un pozo, con motor, de seis metros de profundidad, junto al río, y tres norias.

Sondeo del Vivero Agronómico.—Muy cerca de la capital, al sudoeste de la misma y a unos 1.070 metros de cota, en terrenos de la Diputación, se ha realizado una interesante perforación artesiana.

Según datos facilitados por su contratista, especializado en estos trabajos, arrancando con sólo dos pulgadas de diámetro se cortaron los siguientes terrenos: A partir de la superficie, cuatro metros de tierra vegetal; de los cuatro a 20 metros, arcillas rojas; de los 20 a 22 metros, arcillas blancas calizas y 50 centímetros de *arenas finas, con agua*; a los 30 metros se cortó roca granítica de 70 centímetros de espesor, y

a los 35 metros de profundidad se cortaron arcillas blancas con otra capa de *arenas y agua*, que subió hasta la superficie; a los 50 metros, arcillas rojas, y al llegar a 64 metros se cortaron las mismas arcillas, gredas y *una capa de arena* con sólo 40 centímetros de espesor y *abundante caudal de agua surgente*; hasta los 74 metros, fondo de la perforación, continúa la misma roca.

Este último dato es confuso, y cuando visitamos este sondeo sólo surgía un hilillo de agua. Sin embargo, es verosímil que el caudal de agua surgente, dando mayor diámetro a una perforación dotada oportunamente del entubado necesario, sería considerable.

OBSERVACIONES.—El notable éxito obtenido al perforar pozos artesianos en los alrededores meridionales de Padierno, Muñogalindo y Salobralejo indica claramente hallarse bajo esta zona considerables capas de agua, surgentes cuando la boca de los taladros no pasa de los 1.100 a 1.105 metros de altitud.

Asimismo juzgamos alentadores los datos obtenidos por la perforación del Vivero, inmediato a la capital, en el que se estima haber sido cortados tres niveles de arenas acuíferas.

Para juzgar el valor agrícola-industrial de esta cuenca artesiana del valle de Amblés, creemos preciso realizar dos o tres perforaciones, de emplazamiento bien elegido, de suficiente diámetro y sensiblemente más profundas que las hasta ahora ejecutadas. Con estos sondeos de exploración debería alcanzarse el *substratum* granítico del valle o, al menos, penetrar en tramo impermeable arcilloso de espesor tal que pueda ser considerado como fondo de la cuenca.

II

ZONA NORTE DE LA PROVINCIA

Como antecedente a los datos recogidos en nuestra primera expedición, de julio de 1943, dejamos ya consignada la idea de que, para estudiar su hidrología, pueden diferenciarse en esta provincia cuatro zonas de distinta geología, clima y relieve.

En páginas anteriores quedaron resumidas observaciones concernientes al macizo Gredos-Guadarrama y a la zona central. Vamos a tratar en lo que sigue de las dos zonas restantes: Sierras de Avila y Villanueva y llanuras septentrionales.

La zona montañosa que separa las depresiones de Amblés y del Corneja de los llanos de La Moraña y Tierra de Arévalo es un macizo esencialmente formado por granitos y capas cristalinas, entre las que afloran manchas de pizarras cambrianas de limitada extensión. Estas tierras altas son bastante menos ricas en nieves y aguas superficiales que el macizo Gredos-Guadarrama y no se presentan en ellas grandes manantiales alimentados por grietas de las rocas graníticas. Los pozos y los pequeños, no muy numerosos, manantiales están subordinados al contacto de la capa superficial alterada con la roca firme y compacta yacente bajo aquélla.

TIERRA LLANA. — GENERALIDADES. — Se extiende desde el norte de las sierras de Avila y Villanueva a los límites de la provincia con Segovia, Valladolid y Salamanca, formando parte de la gran Meseta Central. La formación geológica de estas comarcas, atribuída en antiguos mapas al terreno Diluvial, ha sido más modernamente clasificada como perteneciente al Mioceno, en su casi totalidad.

Varía su altitud desde unos 1.050 metros, al pie de las sierras, a 800 metros, en los confines septentrionales de la provincia, que distan 40 kilómetros, aproximadamente. Indican estos desniveles una pendiente media tan débil que no es perceptible a simple vista.

Su suelo casi plano, desprovisto de rocas duras y cantizales, se halla en raros parajes interrumpido por pequeños cerros o colinas y está casi solamente cortado por cursos de aguas que, perdidos, en su mayor parte, entre las arenas bastas, apenas alteran la uniformidad de la llanura. Carece ésta de arbolado en la mayoría de sus comarcas, y unido ello a su altitud, latitud y despejada situación, determinan clima casi continental o extremado, es decir, muy frío en sus largos inviernos, seco y relativamente cálido en las horas soleadas de los cortos estíos. Sus regadíos son muy limitados; las fuentes, poco numerosas, y los ríos, de muy variable caudal, corren en muchos sectores al fondo de canales profundos excavados en tierras flojas arenosas.

DATOS METEOROLOGICOS

Con alguna excepción, cual las instaladas en El Barco de Avila y en el Instituto de la capital, casi todas las restantes Estaciones Meteorológicas de la provincia son sólo pluviométricas y algunas, cual Tornadizos, Piedrahita, etc., sólo realizaron observaciones durante pocos meses de cada año, inútiles por tanto.

1.—*Temperaturas extremas*

Tomaremos como tipo de clima semicontinental los de la capital en dos años consecutivos y uno más reciente:

	Máxima a la sombra	Mínima absoluta
1932	31,8°	— 9,2°
1933	34,0°	— 9,6°
1940	35,0°	— 18,2°

2.—Precipitaciones anuales.

	Total mms.	Días de lluvia	Días de nieve
Avila, Instituto..... 1932	369,4	84	16
— — 1933	343,8	88	23
Barco de Avila..... 1940	822	94	11
Burgohondo 1932	583,9	49	9
— 1933	550,6	43	3
— 1940	430	54	6
Fontiveros 1940	391	62	4
Mingorría 1940	394	83	8
Navalperal 1932	739,1	62	10
Puerto El Pico..... 1940	881	85	17
Sanchidrián 1932	436	63	9
— 1933	332	42	9
Zorita de los Molinos.... 1940	363	92	4

Prescindiremos del estudio de las cuencas y cauces de los ríos Adaja, Corneja, Voltoya, Arevalillo, Zapardiel, Trabancos, Alberche, Tormes, etc., por no ser ello el objetivo concreto de estas notas, dirigidas a la investigación de capas y corrientes subterráneas.

Estas comarcas llanas, de suelo igual, incoherente y poco inclinado, suelen ser escasas en fuentes naturales. Las aguas filtradas en tramo de arenas o canturrales impregnan capas o forman corrientes profundas, que sólo se manifiestan en algún escarpe o depresión donde una capa o masa impermeable del subsuelo se aproxima a la superficie. Surgen manantiales en depresiones y cortes del terreno, en márgenes de ríos, arro-

yos y cañadas, sobre el contacto de capas detríticas y lechos arcillosos.

No son muchos los parajes que en tierras muy llanas reúnen tales características y, por tal razón, al lado de comarcas reducidas ricas en manantiales hay otras más extensas carentes totalmente de ellos.

Por fortuna, en estos sectores de la llanura, pozos poco profundos alumbran aguas que se extraen con facilidad y poco gasto, ya que su hondura variable de menos de tres a siete metros es, generalmente, próxima a los cuatro metros, teniendo como inconveniente escasez de caudal en años de sequía prolongada.

Hace pocos años se ha iniciado la perforación de pozos artesianos en términos de Fuente el Sauz, Cantiveros, Fontiveros, Pozancos, El Oso, Nava de Arévalo, etc. Su importancia y posibilidades de futuro desarrollo son, a nuestro juicio, mayores de lo supuesto.

TRAMOS LITOLÓGICOS.—La formación del terreno llano que antiguos autores designaban como post-plioceno (D. de Cortázar-M. Donayre), y más tarde, por hallazgo de fósiles en distintas comarcas de igual nivel estratigráfico, se incluyen en la base del neogeno (H. Pacheco, Royo Gómez), señalándose también al sudoeste de Arévalo una mancha de terreno nummulítico, se presenta integrada por tres distintos tramos o grupos de capas:

Grupo inferior.—Arenas y arcillas grises o pardas, amarillas o rojizas, mas calizas y guijos de cuarcita bastante gruesos. También incluye masas de facies diluvial, integrada por arcillas de distintos colores con muchos guijos de cuarcita y cuarzo; parecen horizontales, pero están generalmente mal estratificadas.

Cerca de Pozancos, a orillas del Adaja, se han observado capas que muestran inclinación de 15 a 20 grados al Sur, y

en unas alturas sobre el río, algo al norte del mismo pueblo, afloran *maciños* integrados por granos de *cuarzo* y *feldespato*, con cemento arcilloalizo.

Sobre los *maciños* vienen *arenas*, con *guijos* de *cuarzo* y *cuarcita*; y en las márgenes del arroyo Canonjía, junto a la confluencia del río, afloran *conglomerados* que bajo varios metros de arena se extienden hasta el molino de Villanueva Gómez.

Grupo medio.—*Arenas* dominantes.—Son estas arenas silíceas finas, blancas y movedizas en algunos parajes; en otras grandes extensiones son de grano basto, conteniendo cantos de *feldespato ortosa*; otros, rodados de *cuarzo*, y a veces, *cuarcita* de diferentes coloraciones.

En la zona Fuente el Sauz, Langa, Mamblas, Fontiveros, Cantiveros, Cisla incluye este tramo bajo una primera capa de *arenas*, y en ciertos parajes, superficialmente delgados, lechos *calizos*, que son objeto de explotación; por último, muestra la erosión, en algunos puntos, delgada capa de *arcilla* bajo las *arenas* y *calizas* arcillosas.

Grupo superior.—Sólo cabe admitir este tramo siguiendo las antiguas ideas de considerar post-pliocena toda la tierra llana. En realidad, los *aluviones* fluviales y de las torrenteras, integrados por *arenas* bastas y *guijos*, a veces voluminosos, son de sistema distinto y edad mucho más reciente que la serie de estratos anteriormente reseñados.

Destaca esto por hallarse integrando los *aluviones* materiales procedentes de las *masas graníticas*, *pizarras arcaicas* y *capas terciarias* atravesadas sucesivamente por un mismo río o arroyo torrencial.

Sin extendernos más en clasificación de tramos, que precisa completar y rectificar, consignaremos seguidamente los datos recogidos en nuestros recientes recorridos a través de la zona septentrional de la provincia.

BORDE ORIENTAL. — ENTRE AVILA Y AREVALO

La aldea de *San Esteban de los Patos* se halla enclavada en terreno granítico, muy próxima al contacto con la mancha estrato-cristalina que se extiende hacia el Norte. El centro de la aldea se encuentra a 1.117 metros de altitud, y por su término cruza el arroyo de La Fuente, de caudal muy variable, aunque corre todo el año, y donde son factibles pequeños embalses para asegurar los riegos en verano.

Toman agua potable de manantial distante unos 500 metros al este del pueblo, y algunas huertas tienen pozos de tres a cinco metros de profundidad, siendo más abundantes los relacionados con grietas del granito.

Tolbaños.—A 1.110 metros de altitud, se halla aún sobre roca endógena muy cerca del contacto, con mancha de pizarras paleozoicas, pobres en agua.

Saornil de Voltoya.—A 1.169 metros de altitud, según mapa oficial, se encuentra muy próxima al contacto de las pizarras paleozoicas con el Terciario, no señalando nuestro altímetro aumento de cota. Hacia el este del término, en terrenos del caserío Aldeagordo, desciende a 976 metros, y el río Voltoya cruza, a 969 metros de altitud, terreno granítico descompuesto. No es interesante en este término, salvo más al norte, la investigación de aguas profundas, debiendo contarse sólo con las superficiales y las de pozos someros correspondientes al contacto de capa superficial descompuesta con la roca firme infrayacente.

Algo más al norte, junto al caserío Las Gordillas, el Voltoya atraviesa terreno que litológicamente es granito descompuesto; pero, ya desplazados sus materiales, resulta justificado considerarlos como base de la formación neógena que se ex-

tiende en los llanos superiores. En las inmediaciones del caserío, hacia el oeste, el terreno es llano o ligeramente ondulado, con cerretes, cubiertos de algunos pinos, que se elevan de la cota 970 a la 975, como máximo.

Aun hallándose a nivel más bajo, 939 metros, y en plena formación del terciario lacustre, piso sarmático verosímelmente, *Vega de Santa María* está muy escasamente dotada de agua, pues hay pocos pozos, que a tres y medio metros de profundidad dan pequeño caudal. Otro pozo, en casa del actual médico y alcalde, alcanzó a los dos metros banco de *arcilla* de unos 18 metros de espesor, y bajo él, pequeño manto acuífero prontamente agotado.

El río Adaja corre distante y muy encajonado, siendo por ello difícil utilizar para riegos su escaso caudal.

Se ha intentado captar agua en el paraje Las Pozas, cota 992; pero separado de Vega por cerro relativamente elevado, sería preciso perforar largo túnel o pasarlo con sifón y fuerte tubería; más útil sería tal alumbramiento para el pueblo vecino, Santo Domingo de las Posadas.

En Vega de Santamaría, la fuente pública está alimentada por agua captada mediante pozos, con galerías filtrantes, en el paraje Las Junqueras o Tanqueras, a 966 metros de altitud, y conducida a la fuente por tubería de uralita. Como el caudal disponible actualmente no es suficiente, se ha solicitado auxilio del Estado, y previo informe favorable de nuestro Instituto Geológico y Minero ha sido aprobada la concesión del importe total del presupuesto necesario para profundización de pozo y acondicionamiento de galerías filtrantes en el mismo paraje de donde arranca la actual conducción a fuente pública.

Velayos.—Pueblo sito a casi idéntica altitud que su vecino del oeste, o más exactamente a 936 metros; cuenta con numerosos pozos de cuatro a cinco metros de hondura, que riegan pequeñas huertas, y hay traída de aguas, no bien acondi-

dicionada, desde abundantes manantiales que distan unos tres kilómetros al noroeste del pueblo.

La formación geológica, no fácil de detallar en terreno muy llano y sin cortes naturales, parece ser la misma que en vecinas comarcas. Al este del pueblo y junto al cementerio, en finca de Antonio Alvarez, se ha perforado pozo artesiano, que a los 43 metros bajo la superficie cortó agua surgente, cuyo caudal era escaso a principios del último verano.

Más al norte, *Sanchidrián* se encuentra a 921 metros de cota sobre el mar; con iguales características geológicas, se halla dotado de numerosos pozos muy someros, que, enclavados en corrales de muchas casas, surten suficientemente las necesidades domésticas, y de este mismo manto, casi superficial, extrae la bomba con motor instalada en tierras de don Fernando Llorente.

Otro pozo, también dotado de motobomba, emplazado en corral de D. Francisco Díez Martínez, ha cortado primeramente unos 3,80 metros de *arenas con guijos*, y bajo ellas viene espeso tramo de *arcillas* rojas, las cuales no han llegado a ser atravesadas por vecino taladro que alcanzó 36 metros de profundidad sin dar salida a ningún agua.

El Instituto Geológico ha informado favorablemente se ejecute a cargo del Estado un proyecto de captación por medio de zanjas filtrantes. Se trata de una corriente subterránea, muy próxima a la superficie, que en el paraje Arca Madre, a unos 600 metros al sur del pueblo, corre de sur a norte. Su curso está jalonado por grupos o bosquetes de juncos, alineados según dicho rumbo y que destacan desde lejos en suelo sensiblemente plano, integrado aquí por *arenas* gruesas y muchos *guijos* silíceos.

Ha sido aprobada la concesión total del importe de dichas obras, cifrado en 32.772 pesetas, y para su libramiento faltaba completar documentación.

COMARCAS DE AREVALO Y MADRIGAL

La ciudad se halla a 827 metros de altitud, y hacia el sur, en los alrededores de la estación de ferrocarril, el río Adaja, según muestra foto número 1, va encajonado en foso de laderas *arcillosas*, a unos 29 metros de hondura entre la cota 796 de su cruce y la 821 de la planicie superior.

Junto a las casas de El Lugarejo, el río Arevalillo corre asimismo encajado entre laderas de *arenas arcillosas*, de pendiente brusca, viéndose en algunos puntos del corte vertical alternancia de lechos *arcillosos* con otros de *arenas gruesas*; el desnivel desde el lecho inferior a llanura superior varía de 20 a 22 metros (ver foto 2).

Numerosos pozos, con cigüeñales, han sido perforados en la zona próxima al sur de la ciudad, que extraen agua de la primera capa, entre dos y tres metros de hondura, mientras, algo más meridional, el de la Granja Agrícola llega a siete metros de profundidad y está dotado de galerías filtrantes, dando bastante caudal. Al oeste de la villa, paraje El Oraño singularmente, varias fincas que distan unos dos kilómetros, tienen pozos con norias y extraen el agua de cuatro a seis metros bajo superficie; en varios de estos pozos se ha intentado completarlos con barrenos de fondo de hasta 50 metros, sin obtener agua surgente, aunque ésta se elevó cerca de la superficie en alguno de ellos.

El principal abastecimiento de esta villa procede de galerías filtrantes en el lecho del Adaja, emplazadas hacia el sur, camino de la estación del ferrocarril; las aguas subálveas filtradas son impulsadas por motobomba eléctrica o depósito elevado sobre columnas de unos 200 metros cúbicos de capacidad, que es llenado una o dos veces al día. Más al sur de

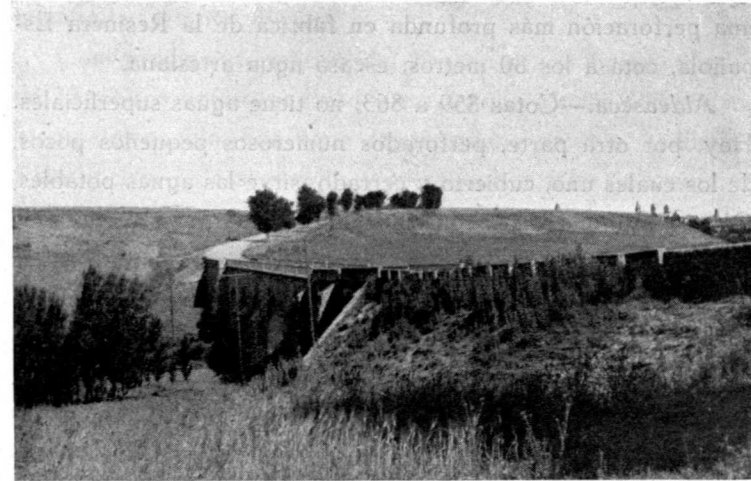


Foto 1.—Valle del Adaja, en Arévalo.—Desde el sudeste, puente estación ferrocarril; río encajado en laderas arcillosas.

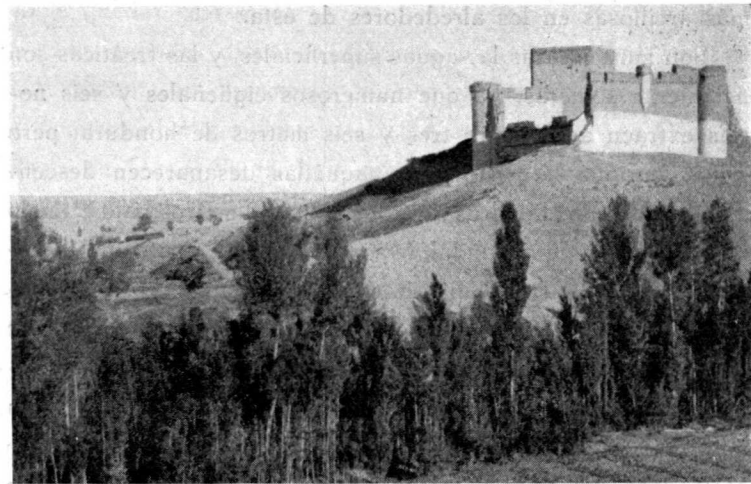


Foto 2.—Confluencia del Adaja y Arevalillo, junto al castillo de Arévalo; cauce profundo.

la estación hay otro grupo de pozos dotados de cigüeñales, y una perforación más profunda en fábrica de la Resinera Española, cota a los 80 metros; escasa agua artesiana.

Aldeaseca.—Cotas 859 a 863; no tiene aguas superficiales. Hay, por otra parte, perforados numerosos pequeños pozos, de los cuales uno, cubierto y cerrado, sirve las aguas potables. Otros muy numerosos, con cigüeñales, y cuatro pozos dotados de bomba y motor de gasolina, explotan manto acuífero, entre tres y medio y ocho metros de profundidad. De ellos, el enclavado en propiedad de Gerardo Sáez, rectangular, de cinco por tres y medio metros, fué complementado con taladros en su fondo, que alcanzaron a 25 metros bajo él y dieron abundante agua surgente, utilizada para regar unas cuatro hectáreas de terreno.

Villanueva del Aceral.—Es pueblo sito a unos 13 metros más bajo que el anterior y en la misma formación terciaria de la gran llanura. Varía ligeramente la litología, pues, muy arenosas las tierras que rodean aquella aldea, se presentan más arcillosas en los alrededores de ésta.

Son muy escasas las aguas superficiales, y las freáticas son netamente someras, ya que numerosos cigüeñales y seis norias extraen agua entre tres y seis metros de hondura; pero si se continúa la perforación, aquéllas desaparecen descendiendo. Algunos taladros llevados hasta 30 metros bajo el suelo no han dado ningún caudal. Más bajo sensiblemente, a 801 metros sobre el mar, se halla *Barromán*, en cuyo término el terreno aluvial, correspondiente a pequeña laguna desecada, se muestra integrado por *arcillas calcáreas* y *arenosas*. Hay numerosos pozos con cigüeñal y algunas norias, que extraen agua de tres a seis metros de profundidad; en el de Cleto Velázquez se dió un taladro hasta 16 metros con escaso aumento de caudal, y fué suspendido en la impropriadamente llamada "peña", o roca dura, por los naturales, siendo real-

mente *arcilla* calizo-arenosa, que al secarse, al aire, adquiere moderada, relativa dureza.

Con auxilio informativo del Estado se ha hecho taladro de 32 metros de profundidad y emplazado a unos 600 metros al sur del pueblo. Dió agua semiartesiana potable, quedando a dos metros bajo superficie, y su caudal en julio del corriente año, dos meses después de la perforación, era muy escaso. Las obras fueron costeadas por el Ayuntamiento sin esperar la subvención propuesta.

Donvidas.—A 872 metros de altitud; es muy escaso en aguas superficiales, y las freáticas, que se hallan entre tres y cuatro metros de hondura, disminuyen exageradamente en el estío. Para aguas potables disponen solamente de las que brotan en El Pocillo, manantial que dista del pueblo unos 300 metros en dirección a Arévalo y se halla a 850 metros de cota, mucho más bajo, por tanto, que las casas de la aldea; tiene este pozo cuatro metros de profundidad, y sus aguas llegan hasta uno y medio metros bajo la superficie; pero en verano suele quedar casi seco.

Los ganados disponen del pozo llamado de Las Ovejas, más distante en dirección a Sinlabajos y a unos dos y medio kilómetros al este-sudeste de la aldea; en finca "Las Olmedillas", de D. C. Sainz, hay varias norias que extraen abundante agua potable y destinada a regadíos.

En este término, la formación del suelo, perteneciente a la vasta mancha neogena y con algunos altozanos que rompen la uniformidad de la llanura, está integrada por *arenas* bastas con *guijos* de *cuarzo* y *cuarcita*. Al sudeste, los alrededores septentrionales de Arévalo, junto a la confluencia de los ríos Adaja y Arevalillo (ver foto 2), de cauces aquí muy profundos, pues corren las aguas entre 20 y 22 metros bajo el llano, muestran laderas de *arcillas arenosas* de facies diluvial. Se observan terrazas a 18 y cinco metros sobre el lecho ac-

tual, y en las bandas aluviales de sus orillas destaca frondoso arbolado.

En el mismo terreno, pero a más baja cota (820 metros), se halla la aldea de *Palacios de Goda*, cuyas aguas son, en su mayoría, salobres y difícilmente potables. Está dividido en dos barrios, separados por un arroyo y distantes unos 100 metros, que paradójicamente se llaman de Arriba y de Abajo, ya que la cota de este último es ligeramente superior a la de aquél.

Para bebida se surten del manantial llamado La Picota, que es uno de los muchos pozos, en extremo próximos a la superficie, excavados en el barrio de Arriba. En el otro sector del pueblo, mal llamado de Abajo, y que está unos cuatro metros más elevado, hay más de 30 pozos que llegan hasta los 25 metros, dando agua escasa e impura, y se han hecho algunos taladros, poco más profundos, que no tuvieron éxito.

Estimamos no sería difícil dotar de agua potable, suficientemente pura, a este pueblo realizando perforación de conveniente diámetro y emplazada a cota algo más alta, a mitad de camino de "La Olmedilla".

Sinlabajos.—A 829 metros de altitud, se halla enclavado en terreno cuya litología difiere algo de las comarcas vecinas hacia el este. Abundan aquí las lajas y delgados bancos calizos, que si bien se presentan, a veces, en el piso Sarmático, son más características estas *calizas arcillosas* del Ponticense o piso superior del mioceno lacustre castellano.

Hay junto al caserío un pozo, con noria, que extrae agua a unos seis metros de hondura, y en verano se excavan muchos pozos someros. En el paraje llamado La Fuente, distante unos tres kilómetros del pueblo, se ha abierto zanja donde brota manantial abundante, utilizado para abreviar ganado. Dos perforaciones hechas cerca del pueblo, camino de Villanueva, y que, según se nos dice, alcanzaron entre 50 y

60 metros de profundidad, no alumbraron ningún nuevo nivel acuífero.

San Salvador de Zapardiel.—Pertenece a Valladolid, se encuentra notablemente más bajo, a 772 metros según altímetro, y dispone de agua pura de limitado caudal. Este agua surge de dos pozos artesianos perforados, hace unos veinte años, hasta sólo 47 metros.

Castellanos de Zapardiel.—Está situado hacia el sur-sud-este del anterior, ya dentro de la provincia de Avila y a 782 metros de cota, muy próximo al río que le da nombre; el suelo es arenoso con muchos pequeños *guijos*. Hay dos pozos norias, a más de cigüeñales, que extraen agua de unos seis metros bajo la superficie, y otros dos dotados de motor; el más profundo de éstos llegó a diez metros, en huerta del médico D. Andrés Martín, dentro del casco del pueblo, y da escaso caudal, rápidamente agotado por la motobomba en él instalada.

Las aguas potables, de medianas características, son extraídas junto al Zapardiel. Se trata, sin duda, de corriente subálvea de este río, que corre superficialmente en invierno y a escasa hondura bajo las *arenas bastas* durante el estiaje. El éxito obtenido en las pequeñas perforaciones artesianas de San Salvador parece indicar medio fácil para dotar de aguas potables puras a esta comarca, relativamente deprimida.

Los alrededores de *Moraleja de Matcabras*, a 787 metros de altitud, han sido, superficialmente, bastante bien investigados. En la finca de D. Andrés Sanz se han excavado seis pozos rectangulares de exageradas dimensiones, pues miden diez por seis metros de sección y unos ocho metros de profundidad. A partir de la superficie se ha cortado, sucesivamente, un metro de *tierra de labor arcillosa*, dos metros de *arcillas arenosas* con algunos pequeños *guijos* y cinco metros de *conglomerado arcilloso* con muchos *guijos* de cuarzo blanco, *feldespato* y algunos de *caliza*, viniendo debajo el nivel de

arenas acuíferas. En un pozo de esta misma finca, distante unos 800 metros del pueblo en dirección norte, es más homogéneo el corte del terreno, que allí está formado por *arenas bastas arcillosas* y *guijos de cuarzo blanco*, bajo la capa vegetal.

Madrigal de las Altas Torres.—Esta histórica e importante, aunque ahora algo decaída, villa se halla situada en la misma formación geológica y a 808 metros de cota sobre el mar.

Es mucha la escasez de aguas superficiales, pero son relativamente abundantes las freáticas, captadas de un primer manto acuífero entre tres y cinco metros bajo la superficie, y en alguno de los pozos se han dado taladros de fondo hasta los veinte a veinticinco metros, obteniéndose aumento de caudal.

Otros pozos han llevado sus taladros de fondo a mayores profundidades, cual el de D. Justino Portillo, en la huerta "El Pradillo", que, tras cortar banco de *conglomerado* de un metro de espesor, entró, a los 27 metros, en manto de *arenas acuíferas*, y perforándolo hasta los 33 metros obtuvo mayor caudal, de mediana calidad. El de hijos de Garzón halló, con su primer taladro, el mismo nivel acuífero a casi igual hondura, de unos 30 metros, y continuada la perforación, hasta cerca de 50 metros, seguía en manto acuífero, que se supuso procedente del nivel superior. En el pozo de D. I. Sáenz se obtienen unos 80 metros cúbicos por día a análoga hondura y procedente, sin duda, de las mismas arenas impregnadas.

Con auxilio informativo y económico del Estado se ha realizado, hace años, un sondeo artesiano emplazado en la plaza del Cristo, a 795 metros de altitud, y el cual cortó agua que se eleva sólo a tres metros bajo la superficie, de escasísimo caudal, afluente entre los 30 y 60 metros; a nuestro entender, los 96 metros dados a esta perforación no son suficientes para

juzgar negativo el resultado de la investigación, y sería interesante realizar otros sondeos de diámetro y profundidad convenientes en la zona occidental del término. Actualmente dispone esta villa de muy escasa agua potable, que procede de manantiales sitios en paraje llamado de Doña Jerónima, distante unos 1.100 metros en dirección sudoeste. Para regadío hay un proyecto, redactado por distinguidos Ingenieros Agrónomos, de utilización de aguas captadas mediante una amplia red de pozos.

Rasueros.—A 834 metros de cota y, por tanto, sensiblemente más alto que la cabeza de partido; se halla enclavado en terreno que los modernos mapas señalan como de época eocena, no observándose bien la separación y diferencias con las capas neógenas septentrionales.

En el paraje Las Alamedillas hay un pozo dotado de motor, y a 300 metros al norte del pueblo, un grupo de norias alcanza nivel acuífero poco abundante, a unos seis metros bajo la superficie. Hacia el noroeste, y muy cerca del casco, a 830 metros de altitud, se ha excavado, en paraje La Cruz del Sendero, un pozo que extrae agua abundante; se trata de manto subálveo del inmediato río Trabancos y se mantiene durante el estiaje, pues el río, aun seco superficialmente, continúa empapando con su lenta corriente las arenas subyacentes.

Dentro de la plaza pública, y con auxilio del Estado, se hizo, de 1935 a 1936, un sondeo artesiano que llegó a los 106 metros de profundidad, sin encontrar ningún caudal de agua.

COMARCA SUR DEL CAMPO DE AREVALO

El pueblo de *Orbita*, sito en la llanura del tramo arenoso mioceno y a 865 metros de cota, se halla bien dotado de agua, pues el manantial llamado El Valle, a uno y medio kilómetros

al este del pueblo, fué captado, en 1934, por técnicos de la Confederación del Duero y le surte por conducción hecha con buena tubería. Otro manantial, en paraje Labajuelo, que dista del caserío unos dos kilómetros, también hacia el este, da bastante caudal para abrevadero y riegos.

Gutiérrez Muñoz.—Próximo al anterior y sólo unos 20 metros más elevado; se halla, por el contrario, muy escaso de aguas para bebida, que son tomadas actualmente de pozo próximo al cementerio, fácilmente contaminable.

Hay un grupo de norias, en paraje Las Abuelas, que a profundidad de unos cinco metros extraen bastante caudal, y en el paraje El Somo se encuentra manantial abundante, cuyas aguas no aumentan al ahondar en la mal llamada "peña", o sea *arcillas compactas*, que, cual adobes, se endurecen cuando se secan al aire.

Los pozos norias de Las Abuelas hállanse emplazados en terreno de *arenas bastas*, que a cuatro metros de la superficie pasan a lecho de *guijos* y *arenas acuíferas*, estando la superficie a 11 metros más baja que la plaza del pueblo.

Un pozo excavado en la era de A. González, hasta 19 metros, obtuvo fuerte afluencia de agua, que sólo sube a nueve metros bajo la superficie, y una perforación iniciada en paraje Prado de Palacio llegó sólo a 46 metros sin hallar agua; atravesó primeramente cuatro y medio metros del primer nivel *arenoso*, bajo las cuales venían *calizas arcillosas*, y al fondo, la llamada "peña", o sea tramo de *arcillas compactas* con algunos *guijos síliceos*.

Nava de Arévalo.—Situados pueblo y término en la gran llanura arenosa, a 863 metros de altitud en la plaza del Ayuntamiento; son los mejor dotados de aguas puras, gracias a las favorables condiciones naturales y al espíritu e iniciativa de varios vecinos, que ha servido de ejemplo y estímulo en otras comarcas de la provincia (ver foto 3).



Foto 3.—Nava de Arévalo.—Pozo artesiano del Ayuntamiento.



Foto 4.—Flores de Avila.—Fuente pública, al este del pueblo.

Dispónese actualmente del caudal obtenido en unos 80 pozos artesianos, que al llegar de 18 a 25 metros bajo la superficie daban agua surgente sobre ésta; su diámetro es muy pequeño y se realizan, por prácticos del país, con extremada rapidez e increíble baratura.

La capa superior del terreno está integrada por *tierras arenosas* con pequeños *guijos*, y bajo ellas, según el hábil y práctico pocero Anastasio Martín, han sido cortados en muchos taladros los siguientes lechos: *gredas* de dos metros de espesor; siguen tres a ocho metros de *arenas*, unos cuatro metros de *arcillas*, uno a dos metros de *arenas*; un segundo horizonte de *gredas* con pequeño espesor, y hasta los 18 ó 20 metros bajo la superficie siguen capas alternantes de *arenas* y *gredas* o *arcillas arenosas*, y por último, a los 22 a 24 metros de profundidad, se entra en *arenas gruesas* con la *principal capa acuifera*, continuando hasta los 30 o más metros serie alterna de *arenas* finas micáceas, *arenas bastas* y *gredas* en bancos delgados sensiblemente horizontales.

Al multiplicarse el número de perforaciones, extremadamente próximas entre sí, ha disminuído el caudal y presión de las mismas. En la época de nuestra visita, junio de 1944, quedaba el agua a un metro bajo la superficie en los sondeos emplazados más altos; pero rebajando en ellos, con pequeño pozo, el nivel de toma brota abundante caudal.

En los pueblos de *Magazos* y *Nobarre*, próximos hacia el nordeste y situados a igual o más bajo nivel, se nos informa haber hallado también abundante agua surgente en perforaciones aun más fáciles que las antes reseñadas.

Pedro Rodríguez.—Encuéntrese situado en el mismo tramo geológico, hacia el sur de La Nava y a 873 metros de cota.

Se han excavado dos grupos de pozos norias, numerosos e importantes, que llegan a unos cinco metros de hondura en gruesa capa de *arenas bastas* y dan abundante caudal, sir-

viendo uno de estos pozos, convenientemente cubierto, para suministro de aguas potables. Hay asimismo montados muchos cigüeñales y se han hecho, con éxito variable, perforaciones para buscar aguas artesianas que sólo han alcanzado unos 20 metros bajo la superficie.

COMARCAS DE LA MORANA, ALTA Y BAJA

No son individualidades geográficas bien definidas y claramente limitadas; más bien, dentro de las tierras de Avila, les presta cierta unidad a estas llanuras apenas onduladas una casi completa constancia de sus características litológicas, hidrológicas, climáticas y, en consecuencia, agronómicas.

Fuente el Sauz.—A 866 metros de altitud; está enclavado en sector particularmente plano de la gran llanura y en tramo arenoso de la formación supuesta nummulítica, cuyos caracteres la asemejan singularmente a la neogena lacustre.

Los primeros pozos artesianos de esta comarca fueron perforados en este término, tras hallazgo casual de agua surgente con fuerte presión al excavar un pozo ordinario y romper lecho impermeable en su fondo. Varios de estos taladros han hallado agua surgente de 16 a 18 metros de hondura.

A cota algo más alta se halla *Cantiveros*, dotado también de numerosos pozos artesianos que cortan agua a casi igual profundidad, lo cual creemos ser debido a menor espesor del banco impermeable superior en este término. De estos pozos, sólo dos, uno situado en terreno comunal y otro en tierras de Aproniano Martín, parajes Las Navas y Laguna de la Vega, dan agua surgente en el estiaje.

Otros varios, hasta el número de 20, dieron agua que en verano queda de dos a cuatro metros bajo la superficie y es extraída por medio de pozos excavados hasta nivel algo inferior y dotados de norias.

Fontiveros.—A 886 metros de altura sobre el mar se halla la plaza de este importante pueblo. El suelo de este término, en su parte oriental, está superficialmente integrado por *arenas bastas*, que, según muestran numerosos pozos cigüeñales excavados en paraje Las Regueras, alcanzan más de tres metros de espesor, siguiendo alternancia de estas arenas con *arcillas arenosas*.

Hay varios pozos artesianos en parajes Las Saperas, Las Doncellas y Las Regueras, donde brota el agua desde una profundidad de 25 a 28 metros, y que, según informes, han disminuído recientemente de caudal, al multiplicarse su número y repetirse los años de sequía acentuada. Un taladro emplazado en paraje Camino Hondo, a uno y medio kilómetros al este-nordeste del pueblo y a 886 metros de cota, da agua surgente en el fondo de lagunilla circular, antes seca en verano y ahora permanente. Otros siete pozos, sitos a unos tres kilómetros al este-nordeste del pueblo, a 877 metros de altitud superficial, han dado agua surgente en casi todos y de variable caudal.

Estas perforaciones, en finca de D. Francisco Pérez Polo, cortaron a partir de la superficie: Un tramo de *arenas bastas* y *arcillas arenosas* alternantes que alcanza unos diez metros de espesor; siguen, hasta los 24 metros, *arcillas* con *guijos*, y de esta profundidad a los 30 metros se cortan *arenas bastas* con *agua* a presión, surgente a la superficie. Dado que la superficie se halla aquí de ocho a diez metros más alta que en Cantiveros, y en cifra igual aumenta la profundidad a la cual se ha cortado el agua surgente, es esto, a nuestro juicio, indicio valioso de que todas estas perforaciones explotan una misma capa artesiana.

En alrededores del caserío hay numerosos pozos, dotados de cigüeñal, que extraen aguas someras, y otros algo más profundos, poco más de cuatro metros, dotados de motor;

entre ellos destaca, por su abundante caudal, el situado en casa de D. F. Pérez Polo, dentro del casco.

Los sectores norte y nordeste de este término presentan, al igual que los términos de Cantiveros, Fuente el Sauz y Langa, una formación paleogena integrada por dos distintos tramos: Superior: *arenas y arcillas* de color gris pardo, con intercalación de lechos *calizos* y algunos trozos de *cuarcita* no estratificados; y Medio: integrado por *arenas silíceas blancas* con cantos rodados de *cuarzo* y *cuarcita*.

Las capas de *caliza* terrosa, cubiertas por delgado lecho arcilloso, toman bastante desarrollo y son explotadas hacia el norte del término, mientras al sur las *arenas* alcanzan mayor espesor y extensión. Bajo las costras calizas vienen *arcillas calíferas*, y éstas, a su vez, se apoyan en *arcillas* compactas que forman tramo inferior.

Siendo deficiente el abastecimiento de agua potable, el Ayuntamiento solicitó, y obtuvo, auxilio del Estado para mejorar la captación de las fuentes número 2, número 3 y Chorrillos. Previo informe del Instituto Geológico y Minero (Delegado, Sr. Carvajal), la Dirección General de Minas ha concedido importe total de un presupuesto cifrado en 32.000 pesetas, destinadas a ejecutar galerías, ya en marcha, de paredes filtrantes, con piso impermeable y bóvedas, que siguiendo dirección paralela a las vaguadas donde brotan las fuentes deben alcanzar 25 metros de longitud.

La dehesa boyal del pueblo, sita al oeste del mismo, tiene en la linde más próxima 871 metros de cota. Es una vasta llanura, apenas ondulada, que desciende suavemente hasta las orillas del Zapardiel, cerca de cuyas márgenes es fácil alumbrar aguas subálveas. Asimismo, dadas sus características topográficas y los datos que conocemos respecto a capas artesianas en sectores vecinos, tiene algunas probabilidades de éxito la investigación de aguas profundas.

A unos diez kilómetros hacia el oeste se halla *Flores de Avila*, cuya cota de 897 metros le coloca a más alto nivel dentro de la formación miocena, destacando en la vasta llanura que comprende todo su término un cerro formado por las capas más altas, subhorizontales, de este terreno, el cual se eleva a 932 metros y ha sido elegido como vértice geodésico, por dominarse desde él muy amplios horizontes de la gran llanura.

Para riego hay en este término dos pozos dotados de noria y otros varios con cigüeñales, no habiéndose intentado ninguna exploración de aguas profundas.

Las aguas potables se obtienen principalmente de antigua y famosa fuente pública, inmediata al borde este del pueblo (ver foto 4). Según reseñas de hace medio siglo, esta fuente era, o se la suponía, muy abundante; mas, actualmente, sus tres caños dan caudal bastante limitado. Convergen a la arqueta de esta fuente principal tres galerías filtrantes, cuyo caudal varía poco de invierno a estiaje y que datan de remota época.

Otro manantial, llamado Fuente Nueva, brota al oestenoeste del pueblo y tiene un solo caño, dando poca agua. Los cortes del terreno, raros en este término, muestran capas bastante heterogéneas: *arcillas arenosas*, *arenas con guijos* y raros lentejones de caliza.

El Ajo.—A 863 metros de altura sobre el mar y, por tanto, sensiblemente más bajo que el término vecino; al Sur se halla muy próximo al río Trabancos y en terreno correspondiente a la base del tramo de *arenas con guijos*, atribuido al nummulítico.

Esta aldea dispone de aguas, escasas en verano, que son extraídas de la primera capa freática, entre tres y cinco metros bajo la superficie. Es, sin duda, fácil obtener en el estiaje aguas subálveas del río, aun hallándose éste superficialmente

seco, y también estimamos probable obtener cerca del pueblo aguas artesianas mediante taladros de 40 a 60 metros.

Muñogrande.—Bastante más alto, a 944 metros; se encuentra sobre potente tramo de *arenas bastas* con *guijos*, atribuidos al mioceno lacustre, y próximo a contacto de mancha paleógena.

Hay varias norias en el paraje Las Cuartas, que extraen agua entre tres y cuatro y medio metros de hondura, y en el paraje Los Melonares, al norte del pueblo, cercano a estación del ferrocarril, y en finca de Gregorio García, se ha hecho un pozo que, entre 10 y 12 metros de profundidad, cortó agua bastante abundante; unos taladros dados en su fondo hasta los 30 metros no hallaron agua surgente.

La fuente de que se surte el vecindario, distante 110 metros al oeste del caserío, y la charca abrevadero, que dista sólo unos 80 metros en la misma dirección, se hallan, de 928 a 930 metros de altitud, en depresión circular, rodeada de colinas formadas por bancos sensiblemente horizontales de *arenas bastas* con *guijos* silíceos. Destaca, en el fondo de esta depresión, una delgada capa de *arcillas arenosas*, en cuya tapa se apoyan las aguas del venero y lagunilla.

Al sudoeste del anterior, *El Parral*; se halla situado a mayor altura, 1.050 metros, y en muy singular posición estratigráfica, inmediato al contacto de las capas neogenas lacustres con pizarras cambrianas pertenecientes ya al macizo de las sierras.

Muy próxima, hacia el Oeste, la ermita; encierra, bajo el pavimento de su interior, el principal de los manantiales, que dan lugar en este paraje al nacimiento del río Zapardiel.

Las arenas bastas, con guijos silíceos, forman circo rodeando la ermita y los manantiales, que brotan en el contacto de este tramo superficial, detrítico y muy permeable, con le-

cho arcilloso originado por descomposición de las pizarras, infrayacentes aquí y aflorando en mancha meridional.

San Pedro del Arroyo.—Emplazado ya en la gran llanura, a 933 metros de cota; tiene, dentro del casco, un pozo con noria de diez metros de hondo, el cual suministra agua potable, cuyo nivel natural queda a cuatro metros bajo la superficie.

Por medio de numerosos cigüeñales se extrae, para riego de estos campos, el agua de la primera capa, entre tres y cuatro y medio metros de hondura. Uno de estos pozos, llevado a profundidad algo mayor, en el paraje Valverde y finca de D. Salustiano Díaz, suministra caudal abundantísimo y está provisto de motor.

En este término no se han hecho investigaciones de aguas profundas; mas en el vecino *Albornos*, algunos taladros, llevados hasta 50 metros, dan caudal muy escaso, y en *Riocavado*, a 907 metros de cota, en el tramo de arenas gruesas, se han hecho otras pequeñas perforaciones con escaso éxito.

El Oso.—A 894 metros de altura sobre el mar; sito en medio de la gran llanura de facies diluvial y atribuida al mioceno lacustre, se halla sobre el tramo de *arenas gruesas* con *guijos* (ver foto 5). A más de una noria y varios pozos con cigüeñal que se surten de la primera capa acuífera, ha sido este término relativamente enriquecido por numerosos pozos artesianos que dan agua surgente.

Entre ellos merece citarse el del Municipio, en paraje *Trascasas*, cota 892 metros, sito al borde oeste del pueblo, que alcanzó 42 metros, y otro de casi iguales características en paraje *Era Caballero*. Los de Justo García, dados recientemente en paraje *La Laguna*, hasta 35 y 40 metros de profundidad, dieron mediano caudal uno de ellos, y bastante fuerte el otro, cuya afluencia se puede cifrar en tres a cuatro litros por segundo; y es asimismo abundante el pozo que, en el paraje *Hontanilla*, alcanzó 35 metros bajo la superficie.

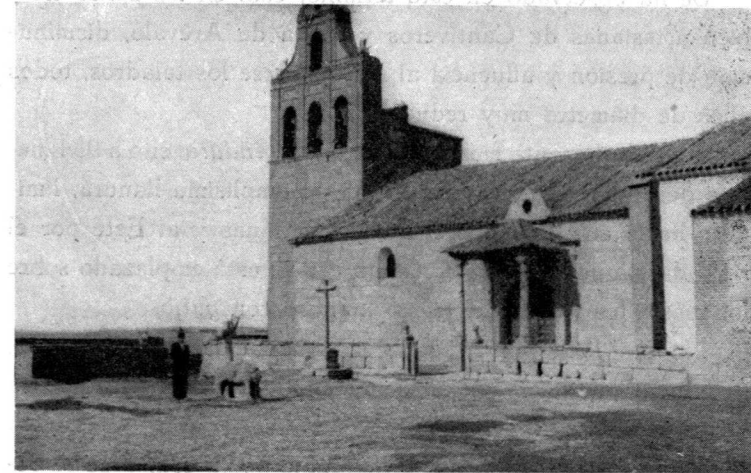


Foto 5.—Iglesia de El Oso, con escultura ibérica.



Foto 6.—Pozo artesiano y depósito de agua de Eugenio López,
al norte de Gotarrendura.

Se ha observado en este término, cual en las zonas también artesianas de Cantiveros y Nava de Arévalo, disminución de presión y afluencia al multiplicarse los taladros, todos ellos de diámetro muy reducido.

Acentuadamente más elevado, *Gotarrendura*, sito a 934 metros de altitud según mapa oficial, en amplísima llanura, limitada hacia el Oeste por el arroyo Berlanas y al Este por el río Adaja, que corre en profundo cauce; está emplazado sobre los más altos lechos del *tramo arenoso* con *guijos*.

No era fácil prever, dada la cota media de su término, que fuera hallada agua surgente en perforaciones de escasa profundidad.

Como única circunstancia favorable podía estimarse su relativa proximidad a las alturas y vertiente norte de Sierra de Avila. Sin embargo, han sido halladas, entre 29 y 45 metros de hondura, aguas surgentes.

Algunos de los taladros, hechos dentro del pueblo y en el fondo de pozos ordinarios, dan agua que no llega a la superficie del terreno. Otro pozo artesiano, emplazado a 926 metros de cota y en finca de Antonino Fernández, llegó a 45 metros de hondura y cortó capa de agua que brota sobre la superficie. A un kilómetro al norte del casco urbano, en cota 911 y junto a la carretera de Hernansancho, otro taladro recientemente perforado en tierras de Eugenio López (ver foto 6), junto a pozo-noria, llegó sólo a 30 metros y cortó capa empapada de agua que surge a presión.

Al multiplicarse las perforaciones en esta zona, juzgamos de gran interés sean entubadas y provistas de cierre, para evitar inútil gasto de agua en invierno, y el riesgo de empobrecer las capas acuíferas profundas.

VERTIENTE NORTE DE LA SIERRA DE AVILA

Los datos que a continuación consignamos no abarcan, ni mucho menos, todo el terreno de las vertientes septentrionales de esta sierra. Más bien, por juzgarlos de mayor interés hidrológico, se refieren a parajes próximos al contacto de las laderas graníticas o cristalinas de la sierra con las capas lacustres, horizontales o subhorizontales, que forman la gran llanura septentrional.

Aveinte.—Se halla a 1.002 metros de cota, ya en plena formación terciaria, mostrando las colinas circundantes—sobre todo en laderas, a cuyo pie corre el llamado río Aldeanueva, riachuelo torrencial que pasa muy próximo al borde este del pueblo—gran espesor de *arenas gruesas* con *guijos* silíceos.

Este tramo, tan extendido y dominante en la mayor parte de La Moraña, era atribuido por los antiguos geólogos al diluvial, dadas su típica facies de fuertes denudaciones, violento arrastre de elementos gruesos por las aguas salvajes y estratificación muy imperfecta; hace pocos años, el hallazgo de fósiles miocenos, en distante comarca, ha inclinado a incluirlo en la base regional de este sistema.

En varias fincas, próximas al riachuelo torrencial, se han excavado pozos, dotados de motobomba o noria, que extraen aguas subálveas a profundidad variable de tres a cinco metros, según la estación. Junto al de Ambrosio Pérez, a 1.006 metros de cota (ver foto 7), se ha hecho perforación, que a los 40 metros cortó hilo de agua artesiana, aun surgente, con escasisimo caudal, y prolongado dicho taladro hasta 60 metros no halló nuevos caudales.

Bularros.—Aldea situada a 1.126 metros de altitud; se encuentra junto al contacto de la formación terciaria lacustre con

el granito de Sierra de Avila, que se muestra en numerosos cantos rodados sueltos en la superficie del terreno y debe hallarse a muy escasa profundidad bajo las *arenas* y *arcillas* neogenas que se extienden hacia las llanuras.

El Ayuntamiento se ha adelantado a contratar por su cuenta y realizar, con personal técnico de la Confederación del Duero, las obras de captación y conducción de las aguas procedentes de manantial enclavado en el borde de la formación granítica. Dichas obras, favorablemente informadas por el Instituto Geológico y Minero, estaban pendientes de concesión por cuenta del Estado, y su crédito ha sido recientemente cancelado.

A unos 1.200 metros de cota, *Marlín* se encuentra ya francamente dentro de las estribaciones septentrionales del macizo granítico.

Tiene este pueblo en curso, y favorablemente informado por este Centro, expediente de subvención total para obras de captación en el paraje Eras de Arriba. El contacto de capa *arenosa* (procedente del *granito* descompuesto y bien caracterizada por sus elementos (*cuarzo*, *ortosa*, *biotita* y *muscovita*) con la roca firme infrayacente da allí lugar a pequeños mantos acuíferos, cuya intersección con la superficie en la ladera origina línea de débiles manantiales o más bien exudaciones de agua.

El más próximo de estos pequeños brotes dista de la aldea unos 90 metros y se halla a seis metros de cota sobre las casas de su linde superior. Según M. Landecho indica en su informe, son dos los niveles de *aguas someras*, proyectándose ejecutar una galería de penetración y dos filtrantes en cada uno de ellos; después serán comunicados ambos niveles de captación por medio de pocillos para reunir y conducir las aguas desde el interior.

Algo más bajo y hacia el este del anterior, *Cardeñosa*,

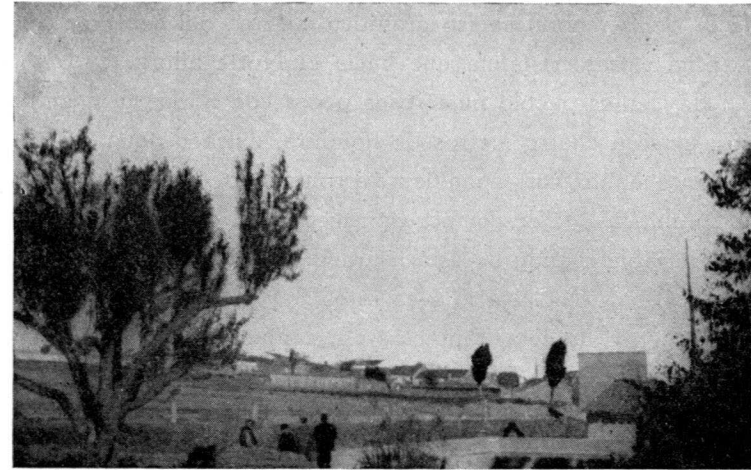


Foto 7.—Pozo de Ambrosio Pérez, inmediato al caserío de Aveinte.

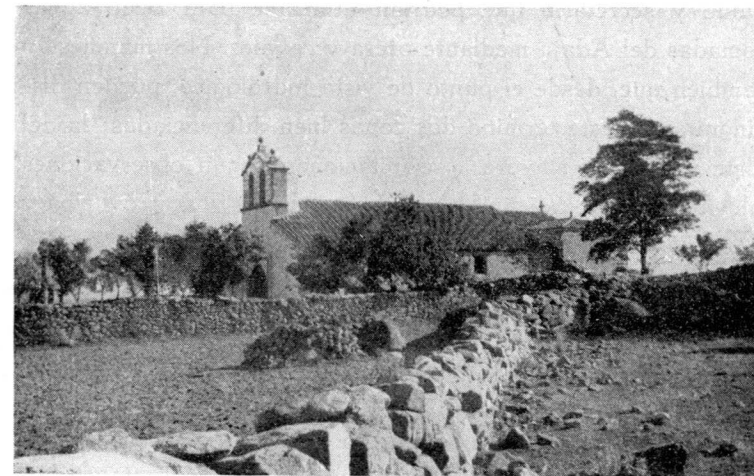


Foto 8.—Cerro y ermita de El Berrocal, hacia el sur del pueblo de Cardeñosa.

a 1.103 metros de cota; se halla aún en vertiente septentrional de la sierra, sobre macizo granítico y cerca del contacto con mancha estratocristalina que hacia el Norte aflora,

Hay en el pueblo numerosos pozos con norias que, entre dos, cinco a cuatro metros de hondura, extraen agua de importante manto, correspondiente a contacto de las *arenas gruesas graníticas*, de descomposición meteórica, con la roca firme, impermeable cuando no está fisurada. En el pequeño cerro El Berrocal, o del Calvario (ver fotos 8 y 9), se ha hecho, a 1.154 metros de cota, captación por zanjas, que lleva su agua a la fuente emplazada en linde sur del casco urbano.

Mingorria.—En más baja cota, a unos 1.012 metros, se halla igualmente junto a contacto de las formaciones granítica y estratocristalina. Sólo dispone de pozos con norias que extraen agua no muy abundante, a unos cuatro y medio metros de hondura, en parajes Eras de Berrocalejo, Mochuelo y Prado Galindo.

En la zona próxima a Zorita de los Molinos, indican alcalde y secretario que podrían utilizarse para riego aguas tomadas del Adaja mediante presa y canales. Nos manifiestan también que, desde el punto de vista hidrológico, pueden distinguirse en este término dos zonas bien diferenciadas: la del Este y Sur, de mayores precipitaciones, según observaciones pluviométricas, radicando en ella casi todos los arroyuelos y pozos-norias; otra, al Oeste y Norte, donde hay gran escasez de agua, hallándose, en cambio, más próxima al río, cuyo caudal aspiran a desviar.

Para abastecimiento de aguas potables, que se cree existen y pueden captarse en parajes La Piojera y Majadillas, hemos indicado la conveniencia de estudio detallado y auxilio económico del Estado, solitándolo urgentemente de la Dirección General de Minas.

Monsalupe.—Se halla en linderos del llano, a 1.002 metros

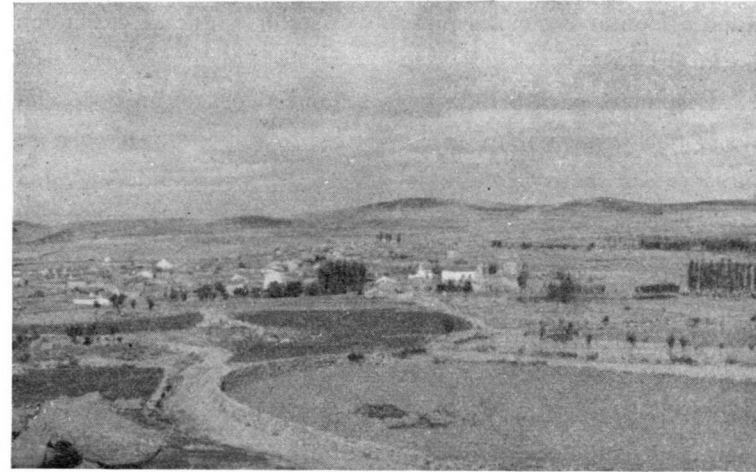


Foto 9.—Caserío y valle granítico de Cardeñosa, desde el cerro de El Calvario.



Foto 10.—Orillas del río Adaja, agua arriba de la central eléctrica de Navares.

de cota, sobre la formación atribuida al Mioceno y muy próximo al contacto con las pizarras cristalinas, que se extienden hacia el Este.

Disponen, para bebida y usos domésticos, de un pozo con noria que llega a unos ocho metros de hondura; su boca se halla cuatro metros más bajo que la plaza, llegando su agua en invierno hasta dos metros de la superficie, mientras en verano queda a seis o siete metros bajo ella.

Además hay otro pozo con noria que llega a unos cuatro metros, y otros varios, con cigüeñales, que extraen aguas someras de escaso caudal. Parece indicado, para tener más caudal, profundizar hasta 12 ó 15 metros el pozo ordinario primeramente citado, y dada la estratigrafía de los alrededores, estimamos que un taladro llevado hasta 50 ó 60 metros para investigar aguas, posiblemente artesianas, tendría probabilidades de éxito.

Algo hacia el Este y un poco más alto, a 1.073 metros de altitud, *Peñalba*, se encuentra ya en el vasto tramo de *arenas bastas*, o gruesas, incluídas en la formación neogena y próximo a contacto con las pizarras cristalinas que, a unos 500 metros al Sur del pueblo, se arrumban al Este-Nordeste con inclinación de 60 grados al Sur.

Se surte este vecindario de cuatro fuentes: la del Pasajo es un pozo, con motobomba, que alcanza unos cinco metros de profundidad y cuya agua, procedente del contacto entre la capa superficial permeable y las pizarras arcillosas que debajo yacen, alcanzaba durante nuestra visita a un metro bajo el suelo; otras tres fuentes son utilizadas, de las cuales, la llamada El Pozo alcanza unos siete metros de hondura, alumbrando agua que en invierno llega a la superficie y en estiaje queda a cuatro y medio metros bajo ella; la fuente de La Rana obtiene escaso caudal de zanja y pozo excavados en paraje El Concejo.

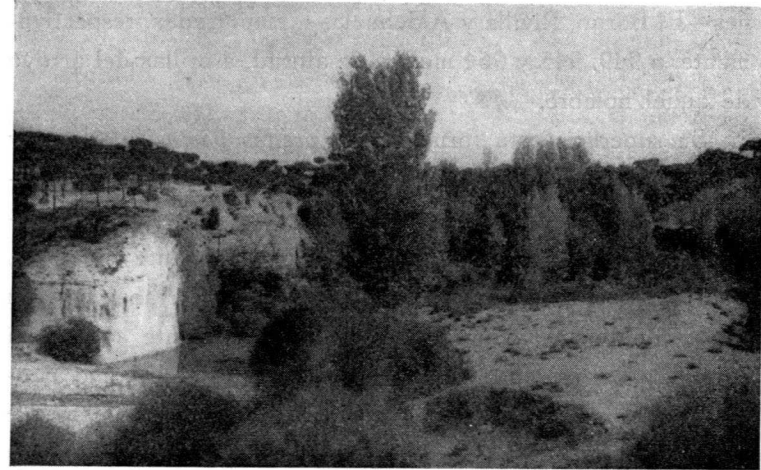


Foto 11.—Cauce del Adaja, próximo aguas abajo a central eléctrica de Navares.



Foto 12.—Manantial y charca de La Canonjía, nivel superior al río, término de Pozanco.

Las Berlanas.—Comprende en su término tres agrupaciones—El Burgo, Rivilla y Aldehuela—, emplazadas, respectivamente, a 949, 945 y 964 metros de altitud, a orillas del arroyo de aquel nombre.

Su superficie está formada por *arenas bastas* miocenas y tierras *aluviales*, extendiéndose entre los dos caseríos inferiores amplia dehesa boyal, hermoso prado, susceptible de regarse limpiando el cauce del riachuelo y mediante canalillos, de fácil construcción. En finca de D. Luis Arrabal hay un pozo, con bomba a motor, que extrae abundante agua, casi superficial, procedente de corriente subálvea del próximo arroyo Berlanas. Hay, en paraje Huerta Cercada, tres norias que llegan a unos cuatro metros de hondura y unos 20 pequeños pozos provistos de cigüeñas.

Dehesa Navares.—En esta amplia finca, dedicada a ganadería, cultivo de vid y explotación forestal, los barrancos de erosión forestal muestran gran espesor de *arenas con guijos*. El río Adaja, bajo la pasarela inmediata a central eléctrica, corre a 854 metros de altitud y va muy encajado (ver fotos 10 y 11) entre colinas de fuerte pendiente y escarpas, casi verticales, de las arenas con gruesos guijos que se elevan hasta 25 metros sobre el nivel de las aguas.

Pozanco.—A 916 metros de cota; se halla a dos kilómetros, aproximadamente, al sur-sudeste de aquella dehesa y aguas arriba del Adaja, que dista, aproximadamente, un kilómetro del pueblo, en dirección Oeste, y atraviesa en estos parajes capas de la misma formación geológica.

Hay una amplia zona alrededor del pueblo en que se han perforado ocho pozos *con agua surgente*, mereciendo citarse como más abundantes los que siguen: el de Abundio Sánchez, que en el paraje Azas llegó a unos 50 metros y da, aproximadamente, 60 litros por minuto; el de Fermín Pindado alcanza 43 metros y da unos 50 litros por minuto; el de la dehesa

boyal, paraje Prado Redondo, que llegó a 52 metros, dando unos 55 litros por minuto, y, por último, el de Celestino Jorge, no aforado, pero más caudaloso.

Al oeste del término, bajando hacia el río, a nivel más bajo de 881 metros cota, pero netamente superior y separado del río, brota el manantial que alimenta la charca llamada La Canonjía (ver foto 12), la cual, con sus aguas rebosantes surte el pequeño salto del molino de su nombre, totalmente independiente del río Adaja, al cual sólo se une el canal de salida.

RESUMEN Y ESQUEMA DE CONCLUSIONES

Realizados nuestros estudios y trabajos de campo en amplias zonas con bastante rapidez, las deducciones a que llegamos se hallan sujetas a comprobación o rectificación. Parece, sin embargo, haber datos suficientes para establecer las que siguen:

1.^a La zona sur de la provincia, integrada por el gran macizo granítico y cristalino de la Sierra de Gredos—con su cadena paralela de sierras de Villafranca, los Baldíos y Paramera de Avila—, no ofrece, en general, condiciones favorables para investigación y alumbramiento de aguas subterráneas.

Como casos particulares, puede ser interesante investigar, por pozos ordinarios, galerías de penetración y galerías filtranter, la capa freática que suele existir en el contacto de la roca descompuesta, o tierras superficiales, y roca firme inferior.

2.^a Estas mismas ideas son aplicables a los términos enclavados en las sierras de Villanueva, de Avila y de Ojos Albos, que se extienden en la parte central de la provincia y son de análoga formación.

En cuanto a los valles de Amblés y del Corneja, corres-

pondientes también a la zona central, los datos obtenidos en el sondeo del Vivero Agronómico, junto a la capital; en Pardiernos, Muñogalindo y Salobralajo, indican hallarse, bajo la superficie del valle primeramente citado, estimables capas de arenas con agua que, si la boca de los taladros excede poco de 1.100 metros de altitud, resulta surgente. Menos investigado el valle del Corneja, sus perspectivas son asimismo menos favorables.

3.^a Más acentuado interés ofrece, sin duda, la investigación de aguas profundas en la zona norte de la provincia, de clima más seco y con menos precipitaciones de lluvias y nieves. Comprende esta zona la faja próxima a contacto del macizo granítico y arcaico—de las sierras centrales—con las formaciones neogenas y diluviales, así como la vasta llanura de La Moraña, correspondiente al terciario lacustre.

4.^a En los alrededores de Nava de Arévalo, cota 863 metros, se han perforado, según es sabido, numerosos pozos artesianos de pequeño diámetro, que entre 18 y 25 metros de profundidad dieron agua surgente, disminuyendo caudal y presión al multiplicarse los taladros, excesivamente próximos.

Los resultados variables obtenidos en Pedro Rodríguez, cota 873, y en Aldeaseca, cota 859, no deben desalentar. Estimamos, al contrario, que una serie de perforaciones espaciadas de conveniente diámetro y hasta 40 a 50 metros de profundidad, probaría (salvo pequeñas zonas impermeables o secas) la *extensión, hacia el Sur y Oeste, de la gran capa de arenas impregnadas* susceptibles de dar *aguas surgentes*.

Creemos igualmente sería de mucho interés la perforación—en algún pueblo importante, cual Sanchidrián o análogo, mal dotado de aguas en el estiaje y relativamente alto—de un taladro que, llevado con suficiente diámetro hasta 90 a 120 metros de profundidad, tendría razonables probabilidades de hallar agua a presión.

Muy interesante, como indicio de aguas profundas en los llanos de Castilla, es el reciente éxito logrado por nuestro Instituto Geológico y Minero en la perforación de Bahillo, provincia de Palencia, que, a 185 metros bajo la superficie, cortó agua con fuerte caudal, de cuatro y medio litros por segundo, y brotando a 20 metros sobre el suelo.

5.^a En términos que, cual El Parral y Cardeñosa, se hallan en el borde superior de la formación terciaria o en la falda de vertientes septentrionales del macizo granítico, son numerosos los manantiales y pueden alumbrarse aguas existentes en el contacto de la capa detrítica superficial con la roca firme inferior.

6.^a La zona de Fuente el Sauz, Fontiveros, Cantiveros, comprendida entre los 878 y 885 metros de altitud, a más de la capa freática casi superficial, tiene, según se sabe, *aguas surgentes en numerosos pozos artesianos*; han cortado la capa acuífera entre 18 y 28 metros de profundidad, según las pequeñas variaciones de altitud superficial, y han sido abundantes, mas su presión y caudal ha disminuido por la profusión de perforaciones y acentuados años de sequía. Creemos puede aumentarse aún su número, pero siendo de mayor diámetro, entubados y con dispositivo para ser cerrados cuando no precisen los riegos.

Cerca de El Oso, cota 894; de Pozanco, cota 916, y Gotarrendura, cota 933, *se han hecho recientemente taladros* que, entre los 32 y 52 metros, han dado agua surgente, *de relativa abundancia*, pese a su pequeño diámetro. Dada la relación entre altitud superficial y hondura de la capa acuífera, vemos se trata de arenas con agua correspondientes a nivel más alto que la zona sita al Noroeste y geológicamente inferior.

Puede aquí aplicarse la misma recomendación referente a mayores diámetros, entubado y dispositivos de cierre *para evitar dañoso despilfarro* del agua surgente.

7.^a La zona extrema Noroeste es, en general, muy pobre en agua, pues ni aun Flores de Avila, con sus antiguas y famosas fuentes, la creemos suficientemente dotada. En término de El Ajo serían interesantes taladros de investigación de 30 a 40 metros, mientras en términos de Blascomillán y Salvadíos deberían llegar a 90 metros como mínimo.

8.^a Conviene recordar, a los no técnicos, que siendo frecuentemente heterogénea la composición litológica de las capas que, en superficie y profundidad, componen el terreno, nunca una zona, comarca o término, queda bien reconocida por un solo sondeo, sino por serie de ellos metódicamente situados.

Una perforación bien colocada para cortar supuesta capa acuífera puede tener resultado negativo, por cortar limitado sector de roca compacta o en el que predominan arcillas, resultando impermeable en gran espesor, y otro taladro próximo puede cortar el mismo nivel estratigráfico en sector integrado por arenas, guijos u otra roca detrítica permeable, y podrá dar agua surgente, tal vez a escasa distancia del que no tuviera éxito.

DATOS PARA EL CONOCIMIENTO ESTRATIGRAFICO Y TECTONICO DEL PIRINEO NAVARRO

POR

J. M. RÍOS, A. ALMELA y J. GARRIDO

J. M. RIOS, A. ALMELA y J. GARRIDO

**DATOS PARA EL CONOCIMIENTO
ESTRATIGRAFICO Y TECTONICO
DEL PIRINEO NAVARRO**

(CONTINUACIÓN) (1)

**II. LOS VALLES DEL URROBI Y DEL
IRATI ALTO**

por J. M. RIOS, A. ALMELA y J. GARRIDO

Vamos a estudiar con algún detalle la estructura estratigráfica y tectónica que muestran a lo largo de sus valles los terrenos cortados por los ríos Urrobi e Irati alto, porque es representativa de toda la zona que se extiende desde poco más al norte de Aoiz hasta la línea Burguete-Ochogavia (figura 4). Su interés reside en que permite la observación de una serie estratigráfica, tectónicamente normal, que abarca desde el paleozoico hasta el eoceno más alto (lám. IV). Por otra parte, estas formaciones deben de presentar, a juzgar por los elementos de juicio de que disponemos, una gran continuidad, por lo menos hacia el Este y hacia el Sur. Esta continuidad es evidente para el eoceno, ya que sus diferentes tramos calizos y margosos se observan por el Este sin discontinuidades y con cambios muy lentos y graduales en su composición hasta enlazar con el eoceno de la provincia de Huesca; y hacia el Sur, hasta que se sumerge, desapareciendo bajo las formaciones

(1) La primera parte de este trabajo ha aparecido en el número 13 de esta colección de *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*.

oligocenas y miocenas de la depresión del Ebro. El cretáceo de esta zona, con margas azules y calizas arenosas, forma parte de la faja continua que va bordeando todo el sur del Pirineo desde las Vascongadas, sin solución de continuidad, hasta el límite de las provincias de Barcelona y Gerona (al norte de Berga). El jurásico falta, y el triásico aparece constituido por unas margas o pizarrillas rojas, no yesosas, que descansan sobre unas areniscas del mismo color, y contienen algún banquito de conglomerados. El triásico se apoya con una discordancia marcadísima sobre el paleozoico muy plegado.

El conjunto secundario-terciario aparece plegado con alguna intensidad y con vergencia neta, aunque no violenta, al Sur.

En el mapa nacional a escala 1 : 1.000.000, último conjunto publicado de la Península, la representación de esta zona es prácticamente la misma que dió Palacios en su estudio de Navarra, ya reseñado en la primera parte de este trabajo. Las manchas paleozoicas aparecen, sin embargo, en aquél como diluviales, sin duda por error de imprenta.

No conocemos que se haya publicado posteriormente mapa o trabajo alguno de detalle sobre esta región. Hubiéramos querido presentar en éste el mapa obtenido por nosotros, que constituye un adelanto considerable; pero existen algunas zonas que no hemos podido visitar, y algún que otro detalle requeriría aclaraciones en el campo, que actualmente no podemos realizar; así es que nos hemos contentado con dar un esquema (fig. 4) a escala aproximada 1 : 150.000, en el que existe algún claro, y en que algunos contactos están supuestos. Este esquema, además de dar una representación mucho más detallada que las que hasta ahora existen, facilita grandemente la comprensión de los cortes a lo largo de los ríos Urrobi e Irati.

TOPOGRAFÍA Y ASPECTO GENERAL DE LA COMARCA

Es muy distinto el aspecto de las partes meridional y norte de esta comarca. La parte baja, lo que pudiéramos llamar el somontano navarro, se extiende desde los valles del Erro e Irati bajos hasta más arriba de la confluencia del último con el Urrobi. Algunos kilómetros más arriba de este punto, el terreno, que hasta aquí era bastante movido, se hace montañoso. Una barrera de montañas, que corre aproximadamente en dirección O. NO.-E. SE., nos presenta su flanco meridional liso y uniforme, correspondiendo a su estructura geológica de un pliegue agudo, el buzamiento de cuyas capas coincide con la pendiente topográfica. Los ríos lo cortan normalmente encajando sus cauces en estrechas hoces, pasadas las cuales la topografía es más brava, y el paisaje, netamente montañoso.

EL SOMONTANO

El somontano está a su vez constituido por dos zonas de caracteres algo distintos. Por una parte, los amplios valles y tendidas vegas de los ríos Erro e Irati, cuya dirección es Norte-Sur, pero que cambian su curso al tropezar, al sur de Aoiz, con la larga y regular alineación de la Sierra de Gongolaz (1), todavía eocena, pero tras la cual esta formación aparece cubierta ya por el oligoceno. Todo el somontano enclava en las

(1) Los nombres y referencias más locales no tienen cabida en los mapas que ilustran este trabajo, por lo cual remitimos al lector a las hojas del mapa topográfico nacional a escala 1 : 50.000, cuya es la toponimia que usamos.

margas azules del eoceno, lo que da a su relieve aspecto al mismo tiempo suave y movido. La parte alta del somontano, que empieza más o menos a la altura de Aoíz, tiene relieve mucho más acentuado, debido, en parte, a la existencia de varias intercalaciones calizas. El aspecto de esta zona es familiar a todo el que conoce las extensas regiones de margas eocenas que se extienden al pie de los Pirineos, tanto en Aragón como en Cataluña; pero lo que le da carácter peculiar es la abundancia de aldeítas y lugares. Levantan sus torres y caseríos entre sotos y tierras de labor, y en primavera, con infinitas tonalidades de verdes, y en verano, con el oro de sus cosechas, constituyen bello, amable y pastoril paisaje, regalo de la vista y sedante del espíritu.

Es zona poco arbolada, salvo las márgenes de los ríos; sólo en la parte alta del somontano existen zonas forestales, donde se ha plantado en abundancia pino, todavía joven.

LA MONTAÑA

Siguiendo los cursos del Urrobi y del Irati, y pasadas las aldeas de Uriz en el primero y Muniain en el segundo, entramos en estrechas hoces, y el paisaje cambia. Estamos ya en paisaje de montaña, y, aunque las cumbres no son muy altas, el relieve es grande. Abundan los bosques de hayas y robles, así como los prados, y estamos en paisaje intermedio entre el del Pirineo aragonés y las Vascongadas, cuyo típico aspecto se encuentra ya muy poco más allá al oeste de Erro.

La toponimia de toda la comarca es vasca, y asimismo lo es en mucho el carácter y aspecto de sus habitantes. Su lengua vernácula se ha extinguido por el somontano y la hablan todavía en la zona montañosa, al menos las generaciones viejas de las Abaurreas y Aezcuas, Garralda, etc. Al norte

de esta zona, en Valcarlos, enclavado en la vertiente francesa, lo hablan grandes y chicos, así como en las zonas situadas más al Oeste, hacia el valle del Baztán.

Es curioso que aún en el mismo somontano hemos encontrado, en un caserío alejado de pueblos y carreteras, un anciano que no conocía otra cosa que el vascuence, mientras que hijos y nietos lo hablan apenas.

ESTRATIGRAFÍA (VER FIG. 4 Y LÁM. III)

PALEOZOICO

Constituye el basamento sobre el que se apoyan con gran disconformidad las demás formaciones secundarias y terciarias. No nos hemos detenido en su estudio, y no podemos sino dar algunas ligeras ideas acerca de su composición y disposición tectónica.

El río Urrobi (lám. III, corte 1 y fig. 4) empieza a entallar su cauce en estrecha hoz, como a unos dos kilómetros más abajo de Burquete. Primero, corta diversas formaciones del cretáceo inferior; luego, el triásico, y finalmente, a unos cuatro kilómetros de aquella localidad, el paleozoico. Éste aparece en estrecha y oblonga mancha u ojal. Está intensamente plegado y trastornado, y constituido por pizarras de aspecto siluriano y dolomías compactas, muy trastornadas, que aparecen como masa confusa, sin que se aprecie clara estratificación. A lo largo del corte alternan repetidamente, apareciendo tan pronto unas como otras, sin duda como efecto de los plegamientos, que han colocado con frecuencia la serie en posición cercana a la vertical. Los buzamientos más frecuentes son al Norte, es decir, todo el conjunto está afectado de vergencia neta al Sur.

El corte del río Irati (lám. III, corte 2 y fig. 4) atraviesa

una mancha paleozoica más extensa, pero cuyos bordes no hemos recorrido en toda su totalidad; de modo que aparece en nuestro esquema delimitada en forma arbitraria, pero seguramente poco alejada de la real.

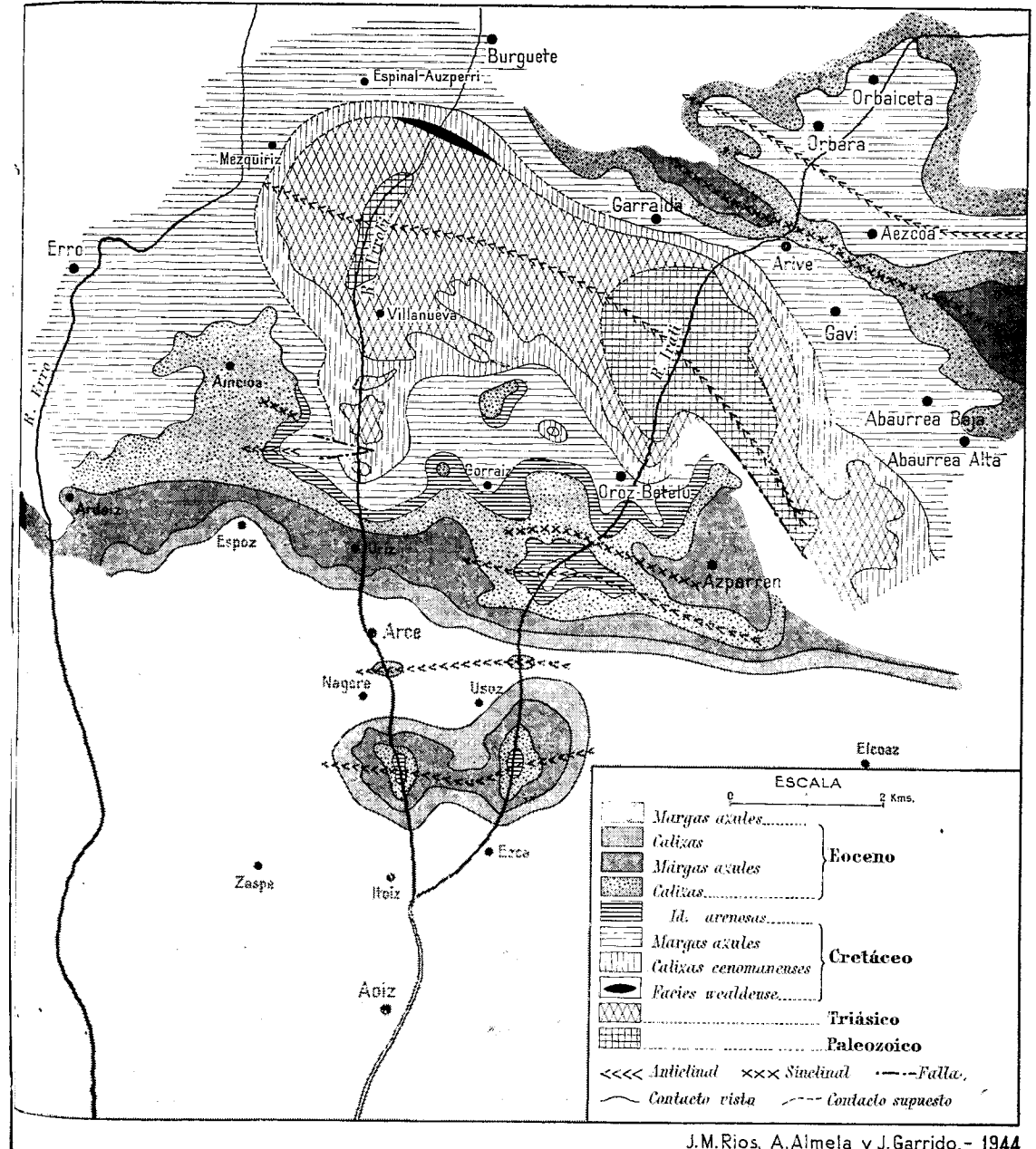
Su carácter y disposición son análogas a la de la anterior mancha. Sustenta el triásico con discordancia extremada. Presenta las mismas pizarras; pero aquí, aunque muy plegadas, no excesivamente trastornadas. Existen, además, unas calizas margosas amarillas y otras oscuras de colores negro-rojizos y muy compactas, que han sido atribuidas al carbonífero. Su estudio salía del objeto que nos llevaba a realizar este trabajo, por cuya razón no hemos insistido en su examen.

Mallada (1), que designa, con razón, estos desfiladeros del Urrobi e Irati como una de las regiones más pintorescas del Pirineo navarro, dice que en estos manchoncitos se hallan representadas la mayor parte de las rocas paleozoicas, expresando que debajo de unas pizarrillas azuladas con manchas ocráceas aparecen calizas devonianas con zoofitos, que a su vez yacen sobre cuarcitas y pizarras silíceas falladas y plegadas repetidas veces.

Palacios estudia de pasada estas formaciones, ya que él se ocupa sólo de las formaciones mesozoicas. Son devonianas las pizarras que aparecen bajo el triásico, y aunque no lo menciona en el texto, figura en el mapa una manchita de carbonífero bordeando la parte Este del afloramiento devoniano del Irati. Se refiere probablemente a las calizas oscuras que hemos mencionado nosotros en último lugar.

Schmidt no se ocupa de estas manchitas de paleozoico, y lo hace muy brevemente del que aflora más al Norte, en la zona Burguete-Roncesvalles. Dada la cercanía, pudiera tratarse de las mismas formaciones. Existe el coblenciense, fosilífero, poco

(1) No repetiremos la bibliografía que haya sido citada en la primera parte de este trabajo.



J.M.Rios, A.Almela y J.Garrido.- 1944

FIGURA 4

más arriba del monasterio de Roncesvalles (inmediatamente al norte de Burguete), y Sampelayo cita en esa zona el siluriano con crucianas.

TRIÁSICO

Aparece el triásico en diversas manchas y afloramientos, siendo la más importante, por su gran extensión, aquella que ofrece los afloramientos paleozoicos.

Apoyada esta formación con la máxima discordancia sobre el paleozoico extremadamente replegado, sustenta con aparente concordancia diversas formaciones cretáceas.

La podemos dividir litológicamente en dos tramos: uno inferior, de carácter netamente detrítico, y otro superior, constituido por margas o pizarrillas. El color de la formación es casi siempre rojo.

El tramo inferior está constituido por areniscas micáceas de color rojo y a veces de tonos rosados. Aparece en masas compuestas de bancos más bien finos y bien estratificados, si bien dentro de ellos se observa con frecuencia estratificación cruzada. Las areniscas son duras y compactas. Se presentan, no muy abundantes, bancos o lentejones de conglomerados. Es evidente que éstos, aunque en algún punto son basales, como, por ejemplo, al nordeste de Azparren, donde hay conglomerados basales de canto grueso, no existen siempre en la base de las areniscas, que descansan con frecuencia directamente sobre el paleozoico. El canto de estos conglomerados es de tamaño entre mediano y pequeño y está constituido por cuarcita blanca, bien redondeada. Parece lógico atribuir este tramo al bunt, cuyo exacto aspecto posee. El espesor del tramo de areniscas vendría a ser de 100 a 150 metros.

El tramo superior está constituido por pizarrillas margosas, siempre micáceas y con frecuencia arenosas, de textura

pizarreña u hojosa. De poca consistencia, aparecen a menudo como tierras o pizarrillas desagregadas. Su color varía del rojo vivo al rojo quemado. Es un tramo que hemos visto en todos los afloramientos y, por consiguiente, muy constante. Su espesor parecería variable, debido, con toda probabilidad, a ser transgresivas las formaciones que lo cubren. No hemos visto yesos. No podemos establecer documentalmente su edad, pero más bien creemos que representan una facies margosa del buntersandstein que el propio keuper. El muschelkalk parece faltar por completo.

Los plegamientos que afectan al triásico son, en general, amplios y poco violentos, salvo zonas locales replegadas y falladas. Veamos lo que se ha dicho antes de esta zona, y con referencia a esta formación, por otros autores. Aprecia Mallada la existencia de las dos facies, pero considera que no constituyen niveles distintos, sino cambios laterales. A nosotros, no obstante, nos parece fuera de duda que las pizarrillas representan un nivel bien definido. El conjunto lo atribuye al bunt (arenisca roja). El espesor lo estima en unos 100 metros. Atribuye este autor, con reservas, al muschelkalk los bancos calizos de poco espesor (estimado por Mallada en ocho metros) que aureolan los afloramientos de bunt, descansando directamente sobre él. Las describe como calizas dolomíticas sacarinas color carne, y sustentan el cretáceo superior. En nuestra opinión representan el cenomanense, y como tales figuran en nuestro mapa y cortes. En breve nos ocuparemos de ellas.

Palacios señala en esta zona el bunt con predominio de areniscas, considerando que el espesor máximo conjunto no excede de los 150 metros.

JURÁSICO

Esta formación falta en la comarca, y también más allá en dirección Este, encontrándose los primeros afloramientos de esta clase ya en la provincia de Lérida. En cambio, en dirección Oeste los encontramos relativamente cerca (todavía dentro de la provincia), en el valle del Baztán, así como al norte de Irurzun.

CRETÁCEO

a) *Cretáceo inferior.*

El cretáceo inferior está presente en esta zona con un pequeño afloramiento, cuya edad es incierta, pero cuyo aspecto recuerda el de la facies wealdense tal como ésta se presenta en Vascongadas y norte de la provincia de Burgos.

Formaciones de esta facies fueron señaladas ya en Navarra por Palacios (1) y atribuidas por éste al wealdense. Las que él describe están enclavadas en la Sierra de Aralar, y consisten de abajo hacia arriba en: areniscas arcillosas micáceas de colores rojos y vinosos, que se apoyan sobre el lías; areniscas de carácter parecido con lechos de caliza brechiforme que contiene restos de pequeños gasterópodos; areniscas bastas o más bien arcillas arenosas de colores rojos, alternando con niveles calizos y con margas pizarreñas de color negruzco. Estas últimas contienen valvas de *Córbula* en abundancia, y en las areniscas se encuentran restos de lamelibranquios que muy bien pudieran ser del género *Unio*. El espesor aproximado de este conjunto es de unos 150 metros. Está cubierta esta serie por calizas con *Orbitolina* y *Requienia*, y ésta, a su

(1) P. PALACIOS: "La formación wealdense en el Pirineo Navarro." *Boletín del Inst. Geol. y Min. de España*, Tomo XVI, 2.ª serie, 1915.

vez, se sitúa bajo otro tramo calizo y arenoso con *Hoplites* y *Cypricardia*.

El último de los tramos citados representa el aptense. Las calizas con *Requienia*, el barremiense (urgoniano); de modo que la serie inferior, tanto por su facies como por su posición, podría representar muy bien el wealdense.

Por lo que se refiere a nuestra zona, existe en el valle del río Urrobi, aguas abajo de Burguete, y en seguida de pasar el empalme de la carretera que sigue aquel valle con la que va de Pamplona a Roncesvalles y Valcarlos, una fajita muy reducida de formaciones (fig. 4 y lám. III, corte 2) que pudieran muy bien pertenecer al cretáceo inferior, y parte de las cuales presentan una facies de tipo análogo a la wealdense. Más arriba del mencionado empalme se presentan las margas senonenses con su inconfundible aspecto. Bajo ellas, y en el mismo empalme, hay unas tierras sueltas arenosas, y margas también arenosas de color amarillo, que contienen orbitolinas; alguno de estos bancos, más duro, se puede considerar como arenisca margosa. Cubren estas capas otras de maciños duros, hojosos, con orbitolinas. Por debajo se presentan unos conglomerados, al parecer concordantes, de color parecido, en bancos compactos de cemento arenoso y con intercalaciones carbonosas. El canto es mediano y bien redondeado, y no parece provenir de rocas paleozoicas, aunque hay gravilla de cuarcitas. Pasados unos metros de estos conglomerados hay otra vez areniscas amarillas y margas pizarreñas oscuras con lignitos y restos vegetales carbonosos. En estos lechos no hemos visto orbitolinas. Vuelven a aparecer intercalaciones de conglomerados y de margas grises, pizarreñas y hojosas, muy mineralizadas en hierro, así como areniscas blancas y amarillas. En fin, presenta todas las características de las facies continentales de tipo wealdense, tal como las conocemos de tantas regiones de la ibérica, pero, sobre todo, en las provin-

cias de Vizcaya, Burgos y Santander (1). Esta serie tiene en total un espesor de pocas decenas de metros y se apoya sobre margas rojas, pizarreñas y micáceas, del bunt. Su extensión superficial es, sin duda, muy pequeña y debe extinguirse rápidamente a uno y otro lado del río Urrobi.

Las capas con orbitolinas son, con toda probabilidad, cenomanenses, aunque esta formación tiene casi siempre un aspecto mucho más calizo, y no hemos visto en ella orbitolinas más que en esta localidad. Las capas más bajas, con restos carbonosos, tienen el aspecto de las formaciones continentales de facies wealdense y son evidentemente del cretáceo inferior. Ahora bien; dentro de éste pudieran representar o bien el albense, que es lo más probable, o quizá tramos más bajos. Pues tanto en la parte sur de la provincia de Vizcaya como en la de Santander, la facies auténticamente wealdense se repite con caracteres muy parecidos en el albense (Ciry), si bien allí la separación es, en cierto modo, posible por existir diversas intercalaciones marinas con Requienias o Toucasias y Orbitolinas, que en la segunda de las provincias citadas han sido estudiadas con detalle y sistematizadas por Ciry (2). Es una disposición parecida a la que describe Palacios en Aralar, pero mucho más compleja, porque, además, el cretáceo inferior tiene allí espesores increíbles.

Por ahora nos limitaremos a esta descripción, dejando para más adelante el estudio de su significación, cuando analicemos en la última parte de este trabajo el acoplamiento de estos datos dentro de la geología regional y paleogeográfica.

Mallada da cuenta de que bajo las margas senonenses de

(1) J. M. RÍOS, A. ALMELA y J. GARRIDO: "Contribución al conocimiento de la Geología Cantábrica. Un estudio de parte de las provincias de Burgos, Alava, Vizcaya y Santander."—*Bol. del Inst. Geol. y Min. de España*, Madrid, 1945. (En prensa.)

(2) R. CIRY: "Etude geologique d'une partie des provinces de Burgos, Palencia, León y Santander."—Toulouse, 1940.

Burguete asoman algunos bancos de calizas sabulosas amarillentas con orbitolinas. Palacios atribuye al albense esta estrecha banda, que festonea el triásico en sus extremos Norte y con una longitud no mayor de kilómetro y medio. Se ven allí unas hiladas de pudingas y pizarras carbonosas con lechos de lignito, a la que suceden otras con orbitolinas y asociadas con algunos lechos de margas. Por su parecido petrográfico con otras formaciones albenses de Navarra, así como por su posición inferior a las calizas cenomanenses de la cantera de Espinal, es por lo que las atribuye Palacios al albense.

b) *Cretáceo superior.*

1. Cenomanense. — Atribuimos esta edad a una formación muy constante, aunque de pequeño espesor, que aparece bajo las margas senonenses y descansa sobre el triásico, excepto en la pequeñísima extensión al sur de Burguete, donde existe la manchita albense de que nos acabamos de ocupar, la cual queda intercalada entre el cenomanense y el triásico.

No vamos a detallar la forma y extensión de los afloramientos, o más bien del gran afloramiento de contornos complicados e irregulares, porque están de manifiesto en el mapa de la figura 4. Si hablaremos de sus características, algo variables, sobre todo en la estrechita banda del Norte, en cuyo medio se sitúa Garralda.

Esta banda, en su extremo Noroeste, o sea en las inmediaciones de Espinal-Auzperri, se presenta como bancos de calizas grises, bien estratificadas, en masas de cierta potencia. Su color tiende a tonos rojizo-oscuros feos. Son dolomíticas y algo kársticas, con abundantes y grandes núcleos de pederual. Presentan restos fósiles que no hemos podido determinar. En la cantera al sureste de Espinal hay una dolina de hundimiento, cuyo diámetro andará cerca de los 300 metros y con una charca o sumidero en el centro.

Al sudoeste de Burguete, en el valle del Urrobi, o sea sobre la mancha albense, tiene un carácter bastante distinto, presentándose como areniscas margosas y maciños con orbitolinas, siendo las primeras blandas y desagregadas, y los últimos, duros y compactos. Un poco más al Este, el conjunto es más duro y se explota en diversas canteras.

Entre Garralda y Arive son calizas rojizo-amarillentas, duras y silíceas, con secciones de equínidos.

La banda meridional presenta las siguientes características: al este de Lusarreta y de Zaragüeta, bancos calizos grises, arenosos, pasando a areniscas por decalcificación superficial y teniendo entonces color amarillento; presentan tendencia o erosión cavernosa-kárstica. Presentan restos fósiles indefinibles; su espesor es de unos 40 a 60 metros. Más al Sur (en Urdiroz), son calizas blancas amarillentas arenosas, con espesor de 50 metros. Desde Arrieta hasta Oroz-Betelu, o sea en la faja que cruza de uno a otro valle, como calizas arenosas de color rojo con alveolinas y ostreas. Al norte de Oroz-Betelu son más margosas y presentan, además, secciones de equínidos y de alectronyas.

2. Senonense.—El tramo cretáceo más destacado en esta zona, tanto por su extensión superficial como por su espesor, es de las margas senonenses.

Descansan éstas sobre las anteriores calizas cenomanenses, y por su blandura constituyen las depresiones o relieves suaves del paisaje cretáceo. El color de estas margas es gris o gris azulado. Su aspecto general es bastante uniforme, aunque no deja de tener variaciones en lo que se refiere a la textura, que pasa de hojosa a arriñonada; en la compacidad, que varía desde las margas sueltas y desagregadas a las compactas, y en la mayor o menor proporción de cal y arena. No tienen objeto detallar aquí las diversas peculiaridades locales que tenemos anotadas, y señalaremos sólo las más salientes,

como son el que, en su parte oriental (Abaurreas y Aezcua), estas margas son más sucias y amarillentas y entonces mejor estratificadas e incluso tableadas.

Un detalle común a toda esta extensión de margas es que son muy fosilíferas, pero no con regularidad, sino en especie de zonas o nidos, que por otra parte se encuentran prácticamente en toda el área. Vienen a repetirse casi siempre las mismas especies. Abundan los equínidos del tipo *Micraster* y *Ananchytes*; los ammonites y nautilidos, y entre los primeros, formas arrolladas y desarrolladas del tipo *Hamites*, abundan los *Inoceramus*. No nos vamos a ocupar de los fósiles por ahora, porque lo haremos más adelante con todo detalle, y dedicaremos una parte de este trabajo a la relación paleontológica y descripción de las especies más notables. Hemos tenido la fortuna de contar para ello con la colaboración de don J. R. Bataller, que se ha prestado amablemente al estudio de las especies grandes, y de don G. Colom, que ha hecho un bonito estudio de los microforaminíferos encontrados precisamente en estas margas senonenses. Por su parte, Almela ha clasificado los foraminíferos eocenos. Citaremos, sin embargo, algunos de los sitios donde hemos visto mayor abundancia de fósiles senonenses:

Kilómetro 4 en la carretera de Garralda al empalme de Espinal y Burguete, en las margas que quedan a la izquierda de la carretera; kilómetro 25,500 de la carretera de Pamplona a Burguete, o sea poco después de pasar Erro, en las margas que quedan a la izquierda de la carretera (de este yacimiento proceden los microforaminíferos estudiados por G. Colom); kilómetro 38 de la carretera Aoíz-Burguete, en los barranquitos que quedan a mano derecha. Estos son los yacimientos más accesibles; pero los más ricos son, quizá, los que se encuentran en la collada que se ha de cruzar para pasar de Arrieta en el Urrobi, a Oroz-Betelu en el Irati. Hemos visto

allí ammonites con un diámetro de más de 40 centímetros, que no pudimos arrancar del suelo.

Los microforaminíferos los hemos encontrado también en un banco de margas muy calizo que corta la carretera de Aoiz a Burguete, aproximadamente en el kilómetro 37,350.

Sobre estas margas senonenses existe, al menos en parte de la zona, otro tramo que incluimos también en el senonense, pero que Mallada, Palacios y Carez atribuyen al danés. Se acuña hacia el Norte, de modo que a lo largo de toda la corrida de margas cretáceas que va desde Espinal-Auzperri, por Garralda y Garayoa, hasta las Abaurreas, las calizas de la base del eoceno descansan directamente sobre las margas eocenas, sin que exista la menor traza de este tramo senonense superior (fig. 8). Bajando hacia el Sur, por el valle del Urrobi, observamos, poco antes de llegar al kilómetro 37, que entre las margas senonenses y las calizas eocenas se intercala un tramo de maciños o margas muy compactas y calizas, casi unas verdaderas calizas, de color gris rojizo. Contienen restos de ostreas (*Alectronyas*) y gruesísimas espículas de cidaris. De la misma manera, bajando el curso del Irati encontramos, poco antes de llegar al kilómetro 12, unas calizas grises amarillentas y maciños rojos grisáceos que se intercalan igualmente entre las calizas eocenas y las margas azules senonenses.

Se trata de un nivel cuya diferenciación litológica es clara, aunque su paso a las margas está lejos de ser tajante, sino que, por el contrario, es gradual.

La extinción de este tramo o nivel hacia el Norte se puede seguir con toda claridad, y se le ve estrecharse y afinarse gradualmente hasta desaparecer. Este fenómeno se pone especialmente de manifiesto en la cota o altura Juandechaco (1.249 metros), pico o altura muy saliente que queda entre los dos valles, y que es bordeada por el camino que conduce desde

Arrieta a Oroz-Betelu. Esta peña se asienta sobre las margas azules senonenses por intermedio de un espesor muy pequeño, de muy pocas decenas de metros, de maciños y margas rojas y amarillentas. Al Sur de este punto está el pueblo de Gorraiz, y la disposición allí es la que muestra el croquis de la figura 5.

Todavía más al Sur, este tramo de margas compactas y sucias o maciños rojos se hace mucho más potente y tam-

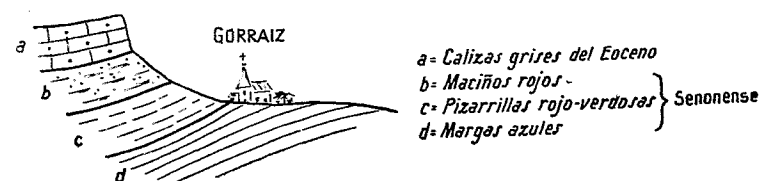


FIGURA 5

bién más calizo. El río Irati atraviesa, aguas abajo de Oroz-Betelu, un agudo anticlinal (lám. III, corte núm. 2), cuyos flancos arman en calizas eocenas, pero en cuya charnela aparece un ojal cretáceo.

Las capas más bajas visibles son las margas azules senonenses, bastante trastornadas y comprimidas. Sobre ellas hay un espesor regular de areniscas y maciños rojos, así como de calizas margosas sucias, compactísimas, de color muy rojizo. Están cubiertas por las citadas calizas eocenas, que coronan las cumbres del grandioso y sombrío tajo.

Bastante más al Sur vuelven a reaparecer en un segundo y gran anticlinal cortado por ambos ríos Urrobi e Irati (lámina III, cortes 2 y 1), muy poco al sur de los pueblos de Nagore y Usoz-Artozqui. En ambos ríos, y sobre todo en el primero, el cauce se ha abierto paso a través del anticlinal, tajando dos hoces profundas y muy bellas, por la abundancia de su bosque, pintorescamente dispuesto, tanto en el fondo y

laderas de pedrera como en las mismas cornisas de las altísimas paredes.

En la hoz del Urrobi aparecen, bajo los tramos eocenos, unos maciños grises y rojizos junto con verdaderas y durísimas calizas muy kársticas, y cavernosas en tal manera, que están perforadas por innumerables pasadizos y corredores, algunos de los cuales serán probablemente practicables. Es un sitio que puede constituir un típico ejemplo de este fenómeno, accesible con toda comodidad, ya que se ve en la misma carretera. Los tramos algo más margosos muestran restos fósiles, entre los que se pueden apreciar las mismas ostreas.

En la hoz del Irati es más dudoso que aparezca este tramo. En efecto, más al Norte, éste es margoso y se separa bien de las calizas eocenas que tiene encima; pero aquí, su carácter muy calizo hace difícil la separación. De todas maneras, es posible que la parte más baja del conjunto visible de calizas sea ya el cretáceo.

Resumiendo, diremos que hacia el Sur aparece, entre las calizas de la base del eoceno y las margas azules senonenses, un nuevo tramo en cuña (fig. 8), que va engrosando con relativa rapidez en aquella dirección, haciéndose al mismo tiempo progresivamente más calizo, hasta convertirse en verdaderas calizas. Lo que no podríamos asegurar en verdad es si se trata de verdadero tramo o bien de una variación lateral en la calidad de las margas, que parecen ensuciarse y calcificarse progresivamente hacia el Sur. De todas maneras, se trata, en cualquier caso, de una diferenciación litológica muy clara, y atribuimos a ambas facies la edad senonense.

Este tramo superior parece lógico suponer que es el mismo que más al Sur aparece con parecidas características de calizas arenosas cubriendo las margas senonenses de las sierras de Leyre y Navascués (1).

(1) Comparar con la primera parte de este trabajo, figura 1.

Entre el último afloramiento detallado y estas sierras, el cretáceo se hunde bajo grandes espesores eocenos, para no aflorar sino merced al gran accidente tectónico jalonado por las sierras de Leyre y Navascués y por la sierra de Alaiz.

Veamos ahora lo que han dicho otros geólogos del cretáceo superior de esta región.

Mallada señala que al norte de Uriz (en el Urrobi) existen calizas oscuras y margas de tono gris verdoso. Por su posición, aunque no coincidimos exactamente en la apreciación de calidades y colores, corresponden a nuestros dos tramos senonenses. Esta edad les atribuye Mallada por haber encontrado, en unas y en otras, *Orbitolites socialis* Leym, *Echinochorys vulgaris* Brey, *Micraster* sp., *Ostrea vesicularis* Lamk, *Ostrea flabellata* Lamk.

En la corrida Espinal-Garralda-Arive señala la existencia, bajo las margas azules senonenses y sobre el triásico, de calizas compactas de color gris claro con ostreas pequeñas que no pueden ser otras sino nuestro cenomanense. En la hoz que hay entre Munjaín y Oroz-Betelu señala la presencia, en el fondo, de las margas senonenses, y encima de ellas, la de las calizas oscuras (nuestro tramo superior), y tiene interés para nosotros el que señale la existencia allí en aquellas capas de *Orbitolites*, *Ostrea vesicularis* Lam, *Echinochorys vulgaris* Brey, *Micraster* sp., etc., que nosotros no habíamos visto. Así, pues, la edad senonense, de la que de todos modos no habíamos dudado, estaba ya establecida documentalmente. Siguiendo hacia el Norte en su descripción, nos dice cómo en Oroz afloran con gran extensión las margas azules senonenses, ricas en los mismos fósiles y además en *Inoceramus*, las que a su vez cubren unas calizas algo rosáceas muy compactas, con zoofitos, briozoarios y bivalvos, que no son sino nuestro cenomanense.

Palacios, hablando de las calizas que nosotros hemos atribuido

buído al cenomanense, no sólo por su posición, sino también por haber encontrado en ellas la *Alveolina*, dice de ellas que entre las margas senonenses y el triásico se presenta al sur de Burguete y Arive una faja de calizas blanquecinas o amarillentas, compactas o marmóreas, en las cuales encontró Stuart-Menteath (1) la *Orbitolina cóncava* Lamck, que caracteriza el cenomanense. Las señala otros varios y diversos puntos, pero no parece darse cuenta de su continuidad real y gran extensión superficial.

Señala este autor la presencia del turonense en la tantas veces citada faja de Espinal-Garralda-Arive. Apoyándose en la opinión de Stuart-Menteath (2), dice que en esa faja existe el turonense entre el cenomanense y las margas senonenses, con aspecto de calizas arcillosas. Por su parte, añade que el río Irati, un poco aguas abajo de Orbaiceta, muestra bajo las margas senonenses unas calizas arcillosas con restos de *Pachydiscus peramplus* Mantell. No deja de extrañarnos este afloramiento aislado colocado entre rocas igualmente marinas y sin que se aprecie discordancia. La documentación paleontológica tampoco parece suficiente para sostener que sean turonenses estas capas, ni nos parecen los *Pachydiscus* fáciles de reconocer por sólo sus restos, a menos que éstos nos muestren claramente las suturas. Así, pues, no podemos afirmar o negar su existencia en este punto, pero sí que, prácticamente, en el resto de la región no existen.

Describe luego minuciosamente la configuración y extensión de las margas senonenses, y, a nuestro juicio, les ha dado, en la zona de las Aburreas, Orbara, Orbaiceta y Garralda, mayor extensión de la que tienen, por incluir en ellas tramos

(1) STUART-MENTEATH: *Bull. de la Soc. Géol. de France.*—C. R., volumen XXIII, 3.^a serie.

(2) STUART-MENTEATH: "Note sur une carte géologique de l'Haute et de la Basse Navarre."—*Bull. de la Soc. Géol. de France*, vol. XIX, 3.^a serie.

calizos y margosos que nosotros creemos ya eocenos. Hablaremos de ello más adelante, cuando nos ocupemos del eoceno.

Entre otros fósiles, cita las siguientes especies provenientes de esta zona:

PALACIOS:

- Nautilus laevigatus* D'Orb.
- Baculites anceps* Lamck.
- Pleurotomaria santoniensis* D'Orb.
- Inoceramus goldfussianus* D'Orb.
- Inoceramus striatus* Mant.
- Ananchytes ovata* Lamck.
- Micraster constestudinarium* Goldf.
- Micraster coranguinum* Agass.

STUART-MENTEATH:

- Pachydiscus colligatus* Binkh.
- Pachydiscus neuburgicus* Hauer.
- Pachydiscus dalmensis* Schlüss.
- Pachydiscus launayi* Gross.
- Acanthoceras* cf. *sarthacensis* Bayle.
- Heteroceras polyplocus* D'Orb.
- Scaphites pulcherrimum* Roem.
- Inoceramus irregularis* D'Orb.
- Inoceramus impressus* D'Orb.
- Inoceramus cuvieri*, D'Orb.
- Micraster aturicum* Hebert.
- Micraster corcolumbiarum* Desor.
- Echinocorys heberti* Seunes.

Hemos de advertir, finalmente, que Palacios presta una gran importancia al piso danés, que presenta, según él, una

gran extensión en el cretáceo navarro. Parte de lo que él considera como danés (nuestro tramo rojo calizo arenoso) lo incluimos nosotros en el senonense.

EOCENO

El eoceno viene representado en esta comarca por una serie compleja de margas y calizas margosas en que alternan y se repiten tramos de unas y otras características. Algunos de éstos son muy continuos y se ofrecen en larguísimas corridas que llegan y hasta se continúan en la provincia de Huesca. Los tramos margosos, sobre todo los altos, presentan intercalaciones más o menos calizas, lenticulares y, por consiguiente, discontinuas, aunque a veces de gran extensión e importancia. Este carácter dificulta mucho el establecimiento de coetaneidad y correlación de las diferentes capas de los tramos.

Bien nos damos cuenta que al estudiar estas formaciones lo hemos hecho una vez más apoyándonos en criterios litológicos, porque las características y objeto de nuestro trabajo así nos lo imponían; pero apréciase que no pensamos en ningún modo haber dado una solución definitiva al problema estratigráfico de esta región, sino que tratamos, apoyados en la excelente cartografía de que ahora se dispone, de dar un paso más, y nos sometemos gustosos a todas las rectificaciones y correcciones que sean necesarias. En todo caso, siempre habremos facilitado la labor de los que luego vengan, con otras directrices, a resolver estos problemas.

1) Calizas de la base (1 en las figs. 6 a 8).

Contra la marcha que vamos llevando, empezaremos ahora nuestra descripción de Sur a Norte, porque así conviene al sostenimiento de nuestra tesis.

El anticlinal E.-O., situado entre Nagore y Artozqui al Norte y Aoiz al Sur (fig. 4 y lám. III), está cortado por los ríos Urrobi e Irati, que denudan en él dos ojales cretáceos, de que ya nos hemos ocupado antes. En el del Irati (fig. 6 a), las calizas rojas del senonense alto pasan de manera gradual e imperceptible a otras de colores grisáceos que contienen nummulites y alveolinas (en el kilómetro 4 de la carretera). De ninguna manera hemos podido precisar dónde terminan las calizas eocenas y dónde las cretáceas, ni siquiera tenemos la seguridad de que éstas afloren, aunque hemos visto en ellas

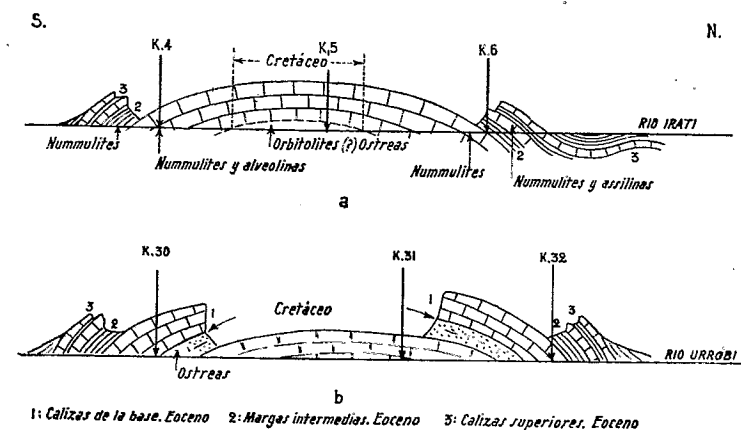


FIGURA 6

foraminíferos muy planos, probablemente orbitolites, así como restos de ostreas y grypheas, que nos inclinan a pensar que, en efecto, aflora el cretáceo en esta hoz. Hemos vuelto a encontrar nummulites a la salida de la hoz en las mismas calizas (poco antes del kilómetro 6).

Sobre estas calizas descansan unas margas azules, y sobre ellas otro banquito de caliza (calizas de la base, unos 60 metros; margas intermedias, unos 50 metros; calizas superiores,

unos 20 metros). Todos estos tramos, comprobadamente eocenos con abundancia de nummulites y alveolinas.

En la hoz gemela del Urrobi (fig. 6 b), más al Oeste, se repiten exactamente las capas; pero la hoz es bastante más profunda y, por consiguiente, mucho mayor el afloramiento cretáceo.

Parece, pues, bien claro que sobre las calizas cretáceas de color rojo se apoyan directamente unas calizas grises que contienen alveolinas y nummulites, de edad ya eocena, por consiguiente.

Más al Norte, estas capas se sumergen bajo otras eocenas más altas con disposición sinclinal para reaparecer al norte de Uriz y Muniain.

Al norte de Muniain (sobre el Irati) existe un segundo anticlinal con un nuevo afloramiento cretáceo en ojal, en el que asoman no sólo los tramos rojos superiores del senonense, sino también las margas azules más bajas de la misma edad.

Pues bien: sobre el senonense rojo de calizas y maciños se apoyan unas calizas grises (fig. 7 a) que soportan bancos de margas grises, y éstas, a su vez, otras calizas grises. Ciertamente que en las calizas grises de la base no hemos visto nummulites, pero la identidad de esta disposición con la que acabamos de estudiar nos permite admitir que se trata de las mismas capas y que, por consiguiente, son aún eocenas. Además, más al Este (al sur de Azparren), en una barra caliza, que tenemos la casi completa seguridad que es la continuación de estas capas, hemos encontrado abundantísimos nummulites.

Al norte de Uriz (en el Urrobi) encontramos los mismos bancos de calizas grises sobre el tramo rojo senonense, soportando igualmente un banco de margas azules (fig. 7 b), y otra barra caliza, ambas con abundantísimos nummulites y alveolinas.

Podemos, pues, identificar estas series con las anteriores, sentando que sobre las margas senonenses se apoyan unos maciños y calizas rojas, aún cretáceos (fig. 8). Sobre éstos, a su vez, unas calizas, unas margas y otro banco de calizas; todo ello eoceno. Con la peculiaridad de que el tramo rojo senonense pierde espesor, acuniándose hacia el Norte, y, en

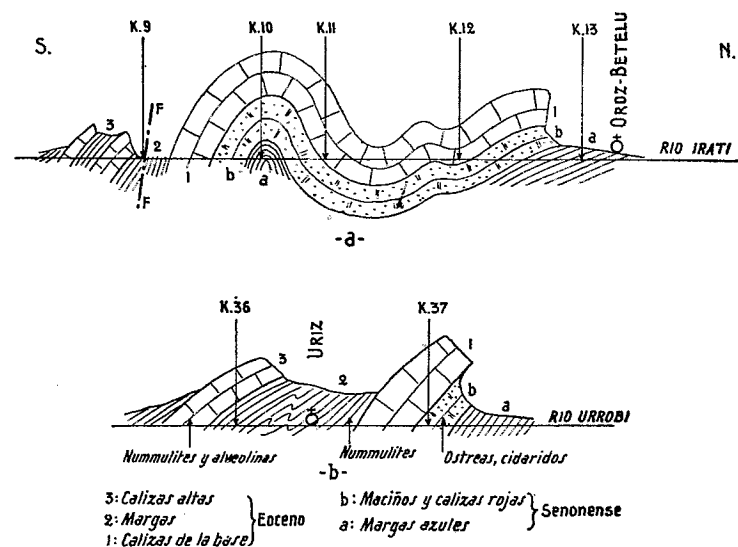


FIGURA 7

cambio, el tramo de margas eocenas se engruesa considerablemente en esa dirección.

Este tramo de calizas grises de la base del eoceno llega a apoyarse directamente sobre las margas azules senonenses, por acuniamiento de la facies roja. En el mogote de la Peña Pausarán (al oeste de Oroz-Betelu) (fig. 8), las calizas grises se apoyan aún en un cierto espesor de la facies roja, y en la cota antes mencionada de Juandehaco el acuniamiento es absoluto; de modo que, en su parte Sur, aun existe un débil

espesor de facies roja, y falta ésta en la cara Norte, donde la caliza gris eocena reposa sobre las margas senonenses.

Todo el monte o antiplanicie de Aincioa (inmediatamente al sur de Esnoz), constituido por esta caliza gris, sería eoceno, y repetiría el caso de la cota de Juandechaco, apoyándose al Sur sobre el tramo rojo, y al Norte sobre las margas azules senonenses. Este área es representada como cretácea por Mallada y Palacios.

Aun más al Norte, al otro lado de la gran mancha triásica, las margas azules senonenses están cubiertas igualmente por bancos de calizas grises (fig. 8), que corren desde el sudeste de Burguete (fig. 4), por detrás de Garralda y Arive, cruzan el Irati y pasan al norte de Garayoa y la Abaurrea baja hasta la Abaurrea alta, que está edificada a su pie. Forman un cejo continuo. Es el flanco Sur de un sinclinal cuyo flanco Norte se abomba formando un amplio anticlinal sobre las margas azules senonenses. Estas se encuentran en un amplio circo coronado por las calizas grises, y en él se asientan los pueblos de Orbara, Orbaiceta y Villanueva de Aezcua. El anticlinal se prolonga hacia el Este con gran amplitud y extensión. Estos bancos de calizas grises son, a nuestro juicio, los de la base del eoceno, reposando directamente sobre senonense azul por el mencionado acuñaamiento de la facies roja hacia el Norte. Ciertamente que no podemos aducir pruebas paleontológicas, pues por más que hemos buscado no vimos fósiles en ellas. Sustentan unas margas de tipo eoceno, y en ellas hemos visto (entre la Abaurrea alta y Jaurrieta, dos kilómetros al este de la primera localidad y en el camino que conduce a la segunda) nummulites y assilinas. Todas estas áreas han sido señaladas como cretáceas por Palacios, sin que lo documente tampoco paleontológicamente. El espesor de estas calizas es de unos 30 a 60 metros.

Garrido encontró en ellas (inmediatamente al norte de Es-

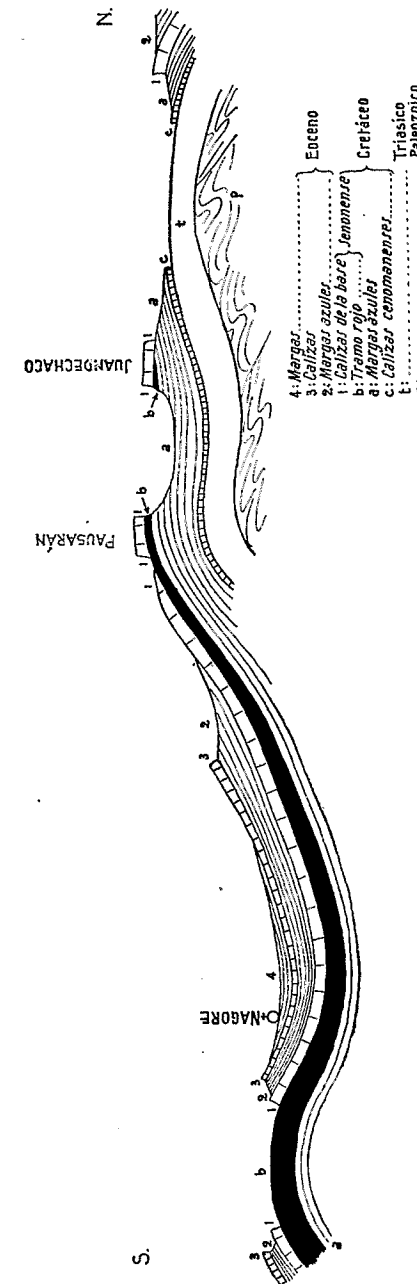


Figura 8

poz, noroeste de Uriz) restos inclasificables de peces. Con Bataller tratamos de mejorar la recogida, sin conseguir ver resto alguno.

Consultando de nuevo nuestros datos de campo, observamos que hemos olvidado citar un dato muy interesante y que puede resolver definitivamente la cuestión. En la carretera que va de Oroz-Betelu a Azparren avanzamos primero sobre las margas azules senonenses, cortamos después los maciños rojos cretáceos y encontramos encima de ellos la caliza gris e inmediatamente encima margas eocenas cuajadas de nummulites y restos de equínidos y otros fósiles formando una verdadera lumaquela; un kilómetro más allá está Azparren.

Aun suponiendo que estas calizas fueran cretáceas, su delimitación es un dato de interés, ya que, dado el caso de demostrarse su edad cretácea, la rectificación es sencilla, y no hay sino que cambiar el color a toda la parte que queda al norte de la línea Uriz-Munaián, porque insistimos en que las de la misma posición de los ojales más al Sur tenemos la seguridad de que son eocenas, por contener nummulites y alveolinas. En todo caso sirven en el mapa para subrayar la disposición tectónica.

2) *Primer nivel margoso* (2 en las figs. 6 a 8).

Del primer nivel margoso eoceno que se apoya sobre estas calizas, diremos que son margas grises de características bastante variables. Así, por ejemplo, son deleznales, con algunos niveles más duros y oscuros, en Arraiz; estas mismas intercalaciones son muy duras y compactas en Espoz; hacia Uriz son margas grises y marrones, a veces tan arenosas que pasan casi a areniscas y presentan facies flysch, estando bien estratificadas e incluso tableadas; contienen fucoïdes en los lisos, y abundantes nummulites grandes y chicos. Al norte de Munaián, esta misma corrida aparece muy replegada.

Unos dos kilómetros al este de Abaurrea Alta hemos dicho que tienen nummulites y assilinas, siendo uno de los escasos sitios donde hemos visto este último género, tan raro en el eoceno de Navarra como abundante en su prolongación en la provincia de Huesca.

Facies de flysch tienen estas margas en Azparren y caserío de Aristu, con nummulites y *Helminthoidea*.

3) *Segundo nivel calizo* (3 en las figs. 6 a 8).

La barra caliza que se encuentra por encima de estas margas tiene interés por su gran continuidad, a pesar de su reducido espesor. La podemos trazar, por lo menos, desde el sur de Ardaiz, por Espoz; sur de Uriz (donde corta el Urrobi), norte de Munaián (allí cruza el Irati) y sur del caserío de Aristu, para prolongarse hacia el Este en dirección a Ibilceta y Esparza. Por su pendiente, generalmente grande, y por su superior dureza con relación a la de las margas, destaca en la topografía como un crestón, bien señalado en el mapa a escala 1 : 50.000.

Tiene el carácter de una caliza dura de color gris oscuro o de maciños muy compactos. Contiene abundantes nummulites, a veces de gran tamaño. Los hemos visto al este de Espoz; al sur de Uriz, junto con alveolinas; al norte del caserío de Equiza. Al sur de Nagore (en el ojal del Urrobi) contiene, además de nummulites y alveolinas, assilinas.

Téngase en cuenta que, en muchos sitios, o bien se agrupa con algún nivel o barra caliza más alta, o bien presenta una intercalación margosa, de modo que aparece constituido por dos banquitos calizos con una intercalación margosa (figuras 6 y 7).

4) Niveles superiores.

Por encima de este tramo de carácter calizo viene una sucesión de margas y de otras barras o lentejones calizos muy discontinuos, ocuparnos de los cuales con detalle haría excesivamente pesada esta descripción estratigráfica, ya de por sí enojosa.

Por la gran extensión superficial que ocupan estas margas y por los considerables espesores que suponen, representan la mayor parte del eoceno navarro. Son las margas de Pamplona, Aoiz y Lumbier y pasan a la provincia de Huesca, donde ocupan igualmente grandes extensiones. Por el Norte llegan a la misma frontera de Francia, entre el Salazar y el Esca; en fin, tienen un enorme desarrollo superficial en esta provincia, y no es sino sólo un fragmento de la importante banda eocena surpirenaica.

Es de notar que hacia el Noroeste de esta zona (noroeste de Erro), el paso de margas senonenses a eoceno está mal marcado, por extinguirse la barra caliza de la base del eoceno. El cambio pudiera estar hacia el kilómetro 21,500 de la carretera que va desde Erro al empalme de Pamplona o de Eugui, quizá algo más abajo, en el mismo Erro, donde hay unas barras calizas. En el kilómetro 21,500 cambia el aspecto de las margas, que son desde aquel punto más sucias, arenosas y amarillentas, y cada vez adquieren más la facies flysch. En el kilómetro 19, de la carretera de Pamplona a Burguete, o sea pocos kilómetros más allá, el aspecto de este flysch es muy parecido al clásico aspecto que tiene entre Zumaya y Zarauz, y, en efecto, en aquel punto recogieron Bataller y Ríos buenos ejemplares de *Helminthoides* y *Paleodictyon*. En Zubiri vimos, además, *Chondrites*. Así, pues, en toda esta región, al Noroeste, tiene el eoceno un marcadísimo aspecto de

flysch. Los fósiles característicos de esta facies se encuentran presentes. Los nummulites deben ser escasos, pues no tenemos ni una sola cita de ellos en esta zona.

En la zona Sur no deja de estar presente la facies flysch, pero son zonas más locales, y además no es un aspecto tan claro y neto como en la zona Noroeste.

En general son margas grises o marrones y amarillentas, con intercalaciones y horizontes arenosos y maciñosos. Más o menos sucias de arena. En bancos que varían de gruesos y compactos a finos y hojosos, pudiendo estar también sueltas y desagregadas. Contienen algún lentejón de conglomerados de canto calizo (Zunzarren, caserío de Equiza). Presentan una facies que tiende a flysch en Elcoaz y al norte de esta localidad.

Es difícil encontrar en ellas nummulites, que sólo aparecen si buscamos en las intercalaciones calizas, que tienen, además, abundantes alveolinas, incluso las más altas. Hemos visto operculinas al norte de Zunzarren y Gurpegui, en un lentejón calizo de cierta importancia que allí existe.

Más al Sur, al nordeste de Aoiz, adquieren las intercalaciones margoso-calizas y calizas gran importancia, pero deben encontrarse en varios niveles y lentejones, algunos de los cuales son continuos, y otras variaciones locales, y es difícil establecer cuáles son sus relaciones de edad y posición. Las hemos suprimido en nuestro esquema para no introducir confusión. Son, a veces, duras, de grano fino; otras veces, bastante margosas o arenosas. Contienen nummulites y alveolinas. Parecerían formaciones arrecifales. En la cumbre de la Sierra de Archuba (noroeste de Aoiz) ha visto Almela calizas puras y margosas con *Orbitolites complanatus*, *Alveolina subpirenaica*, *Alveolina longa*, *Nummulites perforatus* y otros.

Es tan variado el aspecto de las margas y lentejones calizos y arenosos de todas clases que se encuentra en esta zona,

todo ello dentro de una monotonía de conjunto, que en su descripción detallada nos extenderíamos excesivamente. Al sur de Aoiz se acercan más al tipo de puras margas azules, que se conserva con uniformidad y monotonía hacia Pamplona y Lumbier. Si se busca con alguna detención, nunca dejan de verse nummulites en las zonas sucias y calizas. Estas margas se sumergen bajo el oligoceno de margas rojas.

Palacios menciona ocasionalmente el eoceno, pero no se ocupa de él.

Con algún detalle estudia Mallada las formaciones eocenas, y vamos a entresacar de sus datos aquellos que nos convienen para subrayar o completar nuestras descripciones. Señala primero la menor complejidad del eoceno navarro con respecto al oscense, en lo que estamos conformes (1).

Divide este autor el eoceno navarro en tres series: la inferior o caliza, la media de margas azules y la superior de margas y maciños alternantes; por encima está el oligoceno.

No parece entusiasmar mucho a Mallada el paisaje de las margas navarras, pues lo encontraba seco y desnudo. Cierzo que con las cosechas recién cortadas, y si se viene de la frondosidad y magnífica grandeza de los valles altos, ha de aparecer pobre; pero vestido de las riquísimas galas de la primavera y verano, es un paisaje que, dentro de su tipo, no tiene que envidiar a los más bellos.

Carez lo dividió, basándose en un examen rápido, en cuatro tramos: calizas con alveolinas, calizas con *Nummulites perforatus*, margas azules y pudingas superiores.

(1) Tenemos estudiada con algún detalle, sobre la escala 1 : 50.000, la mayor parte de la montaña y somontano de Huesca, y con algunas lagunas, también la zona navarra correspondiente. Cuando las circunstancias nos permitan terminar estos estudios y rellenar los claros, pensamos dar en un trabajo de conjunto toda la zona sub-pirenaica entre el valle de Baztán y la provincia de Lérida. Entonces tendremos oportunidad de comparar, con gran copia de datos, ambos eocenos y seguir su evolución lateral de la complejidad de Huesca a la mayor sencillez de Navarra.

Ninguna de las dos divisiones nos parece excesivamente apropiada. Las alveolinas las hemos visto asociadas a los nummulites en casi todos los lentejones calizos, incluso los muy altos (Sierra de Archuba, al noroeste de Aoiz). Las pudingas superiores son probablemente oligocenas, e incluso se han dado modernamente como miocenas (por Selzer, como veremos más adelante).

La división de Mallada en margas azules más bajas y serie superior de margas y maciños alternantes nos parece artificiosa y difícil de sostener regionalmente, si bien con carácter local (alrededores de Aoiz y, sobre todo, zona al noroeste) tiene algún sentido.

No es fácil seguir al detalle las descripciones de Mallada, que cita los diversos tramos calizos y margosos conforme los va encontrando, pero sin tratar de relacionarlos, que es la principal tarea que hemos perseguido en lo que a estratigrafía se refiere. Así, pues, siguiendo sus descripciones, vamos encontrando los mismos tramos que hemos visto nosotros; pero resultan confusas, precisamente por esa falta de correlación. Resulta así la descripción de Mallada más bien litológica que estratigráfica (1).

TECTÓNICA

Ni Mallada ni Palacios han dado en sus memorias cortes geológicos de conjunto de la región navarra; de modo que creemos ser los primeros en publicar datos de esta clase, y en

(1) Se une a esta dificultad otra muy difícil de suplir y que es muy de lamentar. Resulta de la insuficiencia o falta de exactitud en la toponimia de algunas de las hojas a escala 1 : 50.000. De modo que muchos de los nombres que utilizan Palacios y Mallada, y que sin duda deben ser característicos y corrientes en la región, no aparecen en los mapas que nosotros hemos usado. La comparación con aquellos trabajos resulta así difícil e incierta. Nombres de sierras, puertos, hoces, etc., que tanto papel desempeñan en las descripciones de aquellos insignes geólogos, son desconocidos por nosotros por no aparecer en los mapas nacionales a escala 1 : 50.000.

ellos, y en el mayor detalle y precisión de nuestros mapas, creemos que reside la principal utilidad y contribución de este trabajo al conocimiento del Pirineo Navarro.

Teniendo a la vista el mapa de la figura 4 y los cortes geológicos 1 y 2 de la lámina III, podremos seguir fácilmente la disposición tectónica.

Por la disposición de los contactos y accidentes observamos que hay una directriz tectónica predominante o, por mejor decir, exclusiva, y sigue una dirección comprendida entre la E.-O. y la E.SE.-O.NO.

Fuera de nuestra zona, y muy poco al norte de Roncesvalles, se cita un contacto muy anormal, una gran falla, al parecer, entre el paleozoico al Norte y el cretáceo al Sur.

Un amplio pliegue, de forma irregular, se cierra sobre la zona de Orbara y Orbaiceta. Tiene una pequeña vergencia al Sur. La cobertura dura está constituida por unos bancos calizos, eocenos según nosotros, cretáceos para Mallada y Palacios. Estos bancos calizos franjean el anticlinal, constituyendo un cejo o cornisa sobre las blandas y erosionadas margas senonenses que rellenan el fondo. En lo más profundo afloraría, según Palacios, el turonense. Este pliegue se prolonga un poco al oeste de Orbara en dirección a Burguete, y a gran distancia hacia el Este, formando una depresión alargada y profunda, muy bella por cierto.

Un sinclinal agudo lo limita al Sur. Su flanco Norte se levanta sobre Villanueva de Aezcua, y el meridional, sobre Garralda, Arive, Garayoa y las Abaurreas. Lo cubren las calizas citadas, sobre las que reposan margas presumiblemente eocenas. En ellas y en el fondo de la cubeta se encuentra la aldea de Aria. Las calizas constituyen igualmente en el borde Sur un continuo cejo o escarpe, bajo el que aparecen las margas azules senonenses.

Estas forman parte del flanco Norte de una gran dispo-

sición en forma anticlinal de gran amplitud, cuyos flancos son aproximadamente simétricos. Su eje pasa algo al sur de Mezquiriz por el Oeste, por La Fábrica (de Oroz) y al norte de Azparren.

En la desmantelada charnela, donde ésta ha sido más profundamente tajada por los ríos Urrobi e Irati, aparece el paleozoico en dos manchones desiguales, y sobre él, con la máxima discordancia, el triásico. Este sustenta sin discordancia perceptible, aunque desde luego ha de haberla, las calizas cenomanenses, y éstas, a su vez, el senonense.

En tan amplio pliegue hay zonas que aparecen regulares y uniformes y con pequeña pendiente; otras, en cambio, se presentan violentamente replegadas y falladas. Avanzando por el Urrobi de Norte a Sur, debe de haber una fallita hacia el kilómetro 47,300 de la carretera que sigue su cauce, porque hay una repetición de tramos, y existen varias fallas y repliegues de carácter local, pero violento, al Sur del manchón paleozoico. De esta manera se ocasionan repeticiones de tramos y diversos afloramientos triásicos entre las calizas cenomanenses, debidos unas veces a fallas y otras a plegamientos. Las margas senonenses muestran con alguna frecuencia señales de compresiones violentas acompañadas de laminaciones. No obstante, en su mayor extensión son uniformes y presentan buzamientos pequeños. En la hoz del Irati, inmediatamente al sur de Arive, señala Palacios una falla que origina una repetición en las calizas devonianas, junto al contacto con el cretáceo; nos ha pasado inadvertida. Ya hemos dicho que el paleozoico está profundamente plegado y trastornado con neta vergencia al Sur. Parece marcarse una discordancia en la parte alta del senonense, señalada por el acuñamiento al Norte del tramo rojo, o quizá es un fenómeno de sedimentación.

Por el Oeste, este pliegue cierra periclinalmente (hacia Mezquiriz y Lusarreta); de modo que el triásico queda ro-

deado y cubierto por el cretáceo, y asimismo hacia el Nordeste entre Oroz-Betelu y las Abaurreas.

No sabemos cómo termina hacia el Sudeste; es zona compleja y de difícil acceso, que hemos de volver a visitar; pero, por lo que hemos visto, es probable que exista allí una gran falla. Lo aceptaremos así provisionalmente, pero sin asegurarlo de ninguna manera.

Siguiendo el Irati aguas abajo, encontramos un agudo pliegue anticlinal cubierto por las calizas eocenas, y en cuyo bello y sombrío cañón aflora el cretáceo. Este anticlinal está separado del anterior por uno o dos repliegues. El más marcado es un sinclinal que pasa a ambos lados del río para extinguirse luego. El anticlinal sigue hacia el Sudeste, pero se extingue hacia el Noroeste sin llegar al río Urrobi. Su vergencia al Sur es muy acentuada (pendiente media del flanco Norte, 38°; las del flanco Sur llegan a los 85°). Las calizas están enteras y siguen bien el plegamiento. Las margas senonenses están comprimidas y laminadas.

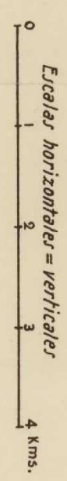
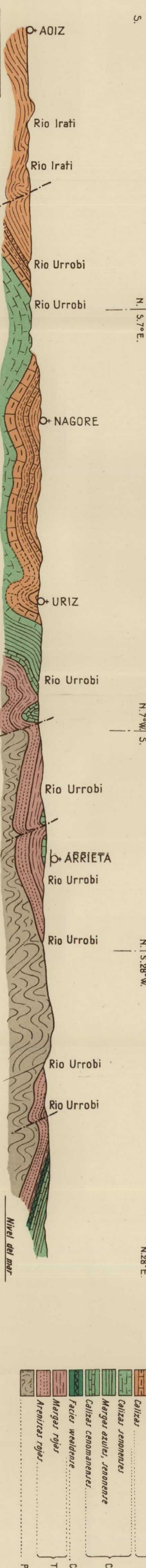
El flanco Sur de este sinclinal lo es Norte de una gran disposición sinclinal bastante simétrica, toda ella en eoceno. Su eje viene a pasar por Arce y Muniaín. Dentro de ella se marca algún pequeño repliegue anticlinal (norte de Nagore, Artozqui). En el flanco Norte hay alguna fallita originada por los empujes del gran anticlinal, acompañada de repliegues y repeticiones con trituración y laminamiento de las margas eocenas.

Este sinclinal pasa al sur de Nagore y Usoz a un anticlinal regular y simétrico, cortado por ambos ríos. En las respectivas hoces aflora el cretáceo en dos manchitas aisladas. Los flancos son suaves (pendientes máximas de 30°). Al Sur de él, las margas eocenas buzan regionalmente al Sur, o, mejor aún, al S.-SO. El conjunto está replegado y acompañado de fallitas. Creemos que se trata de fenómenos de trascendencia

Corte por el Río Irati



Corte por el Río Urrobi



Margas	Eoceno
Calizas	
Margas	Cretáceo sup.
Calizas	
Calizas venenose	Cretáceo inf.
Margas azules, venenose	
Calizas cenomane	Triásico
Facies wealdense	
Margas rojas	Paleozoico
Arenizas rojas	



relativamente pequeña. En efecto, las margas eocenas tan pronto se mantienen uniformes y regulares en zonas extensas como se repliegan violentamente con una tectónica propia y disconforme. Por lo pronto presentan en pequeña escala curiosos pliegues disarmónicos, como los que presentan los yesos y las sales; de modo que entre capas paralelas y regulares hay otras completamente rizadas y replegadas. La vergencia al Sur es siempre muy neta en esta tectónica de las margas. Los buzamientos regionales son, en general, grandes, sobre todo hacia el Sur, ya que hacia el contacto oligoceno se miden con frecuencia valores de 40° a 50°. Sin contar, claro es, las zonas de trastornos locales, donde son muy irregulares y llegan a cifras mayores (incluso los 90°). Debido a esta irregularidad en la tectónica, así como a la imposibilidad de establecer horizontes o separaciones (ya que el conjunto es, a la vez, monótono y variado), no se pueden determinar espesores. Pero, sin duda, el de las margas eocenas ha de ser muy grande.

Resumiendo las características más generales, diremos que hay las siguientes discordancias: Fundamental, entre el paleozoico y el triásico. No se aprecia claramente, pero debe de haberla entre el triásico y el cenomanense, señalada, sobre todo, por la presencia de un cretáceo inferior en un pequeño espacio, mientras que falta en el resto de la comarca. No se aprecia discordancia entre cenomanense y senonense, a pesar de la laguna estratigráfica (por ahora estamos presentando hechos; luego trataremos de dilucidar las causas). En el senonense tenemos un acuñaamiento al norte de la facies roja, pero por ahora no vemos si se trata de un fenómeno sedimentario o tectónico. Entre cretáceo y eoceno no vemos discordancia. Hay movimientos oscilatorios en el eoceno señalados por la variación de espesores en sus tramos, así como por la mayor o menor limpieza de sus margas. Hay una clara discordancia entre eoceno y oligoceno, aunque no es perceptible

en esta zona, en que están en aparente concordancia, o mejor, en ligerísima discordancia, no observable por medidas en los contactos.

Los plegamientos de conjunto post-hercínicos afectan a todas las formaciones presentes y, por consiguiente, son posteriores a todas ellas. Las vergencias, tanto en la edad hercínica como alpina, son siempre al Sur.

III. LA SIERRA DE ALAIZ Y REGION AL ESTE DE ELLA

por J. M. RÍOS y J. GARRIDO

La Sierra de Alaiz es una alineación montañosa, de forma peculiar, que se eleva pocos kilómetros al sur y sudeste de Pamplona. Presenta un afloramiento cretáceo de cierta importancia, tanto por su extensión como por su significado tectónico. A pesar de estar bordeada por varias carreteras, una de ellas la general de Barcelona a Hendaya, este hecho ha pasado inadvertido de manera casi inexplicable hasta que Del Valle, Mendizábal y Cincúnegui, autores de la hoja de Tafalla (número 173), señalaron su existencia en la mencionada sierra, cuyo extremo oriental queda dentro de la hoja de Tafalla, y expresaron muy acertadamente, si bien en términos muy generales, su estructura tectónica y correlación con la Sierra de Leyre.

Así, pues, una pequeña parte de la Sierra de Alaiz queda detalladamente representada en la mencionada hoja, pero del conjunto de ella no parece haberse ocupado nadie hasta ahora.

Su estudio tiene ciertas dificultades, de carácter geológico unas y debidas otras a la espesura y fiereza del monte bajo y matorral que la cubre en muchas partes, y que dificulta su reconocimiento de tal manera que a menudo es penoso y

en algunos sitios imposible. Nuestro reconocimiento, sin llegar a minucioso, tampoco ha sido muy ligero; quedan, de todos modos, planteadas algunas dudas, que resaltaremos más adelante para que el problema quede claramente perfilado para aquellos geólogos que en su día puedan interesarse por esta sierra.

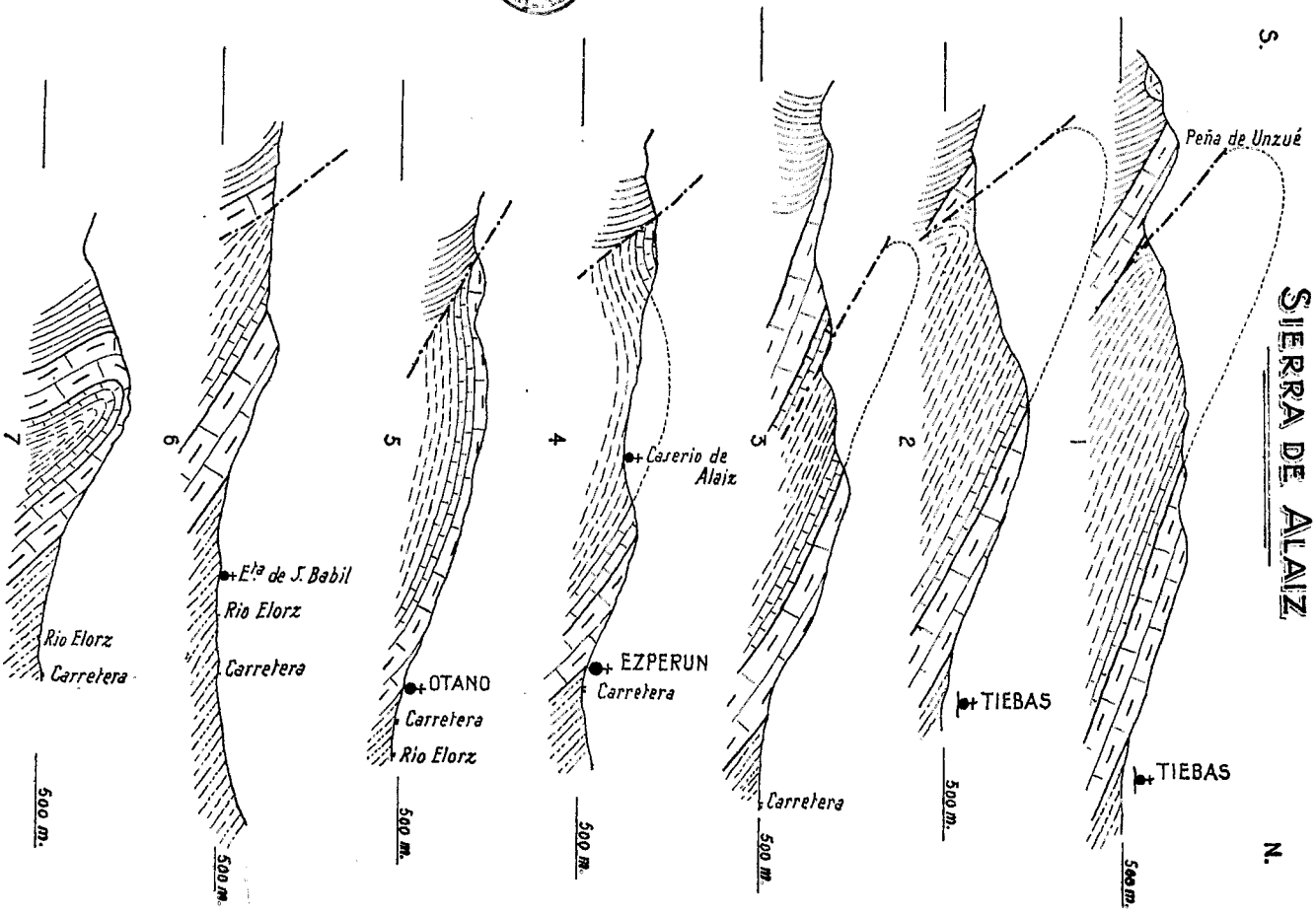
Su estructura desde el punto de vista estratigráfico es muy parecida a la de las sierras de Leyre y Navascués, de cuya disposición tectónica es repetición y prolongación. No deja de corresponder tampoco aquélla a la de la región Norte y Nordeste que hemos descrito en la parte anterior.

La sierra está rodeada, al Sur, por el oligoceno, y al Norte, por el eoceno. Este forma al Nordeste un agudo anticlinal (de Monreal a Aldunate) (mapa de la lámina V), y luego un amplísimo sinclinal, o más bien cubeta, en la cual las margas eocenas desaparecen bajo una importante cobertura oligocena de gran potencia, reapareciendo luego en el valle del Irati, en la extensa mancha de margas azules en que se asienta Aoiz, y de la que nos hemos ocupado en la parte anterior. Así, pues, nuestro mapa de esta zona viene a situarse más o menos exactamente bajo el mapa explicativo de aquélla (fig. 4).

Al este de esta Sierra de Alaiz se eleva la de Leyre, de la que tectónicamente es prolongación, y cuya parte más occidental hemos representado en nuestro mapa para que se establezca bien la continuidad y correlación con el de la parte primera que ilustraba la estructura de las sierras de Leyre y Navascués.

Contribuimos, además, al conocimiento de esta sierra con una serie de siete cortes que muestran su estructura (lám. IV).

CORTES GEOLÓGICOS DE LA SIERRA DE ALAIZ



Escala 1:50.000. Verticales = Horizontales

Oligoceno



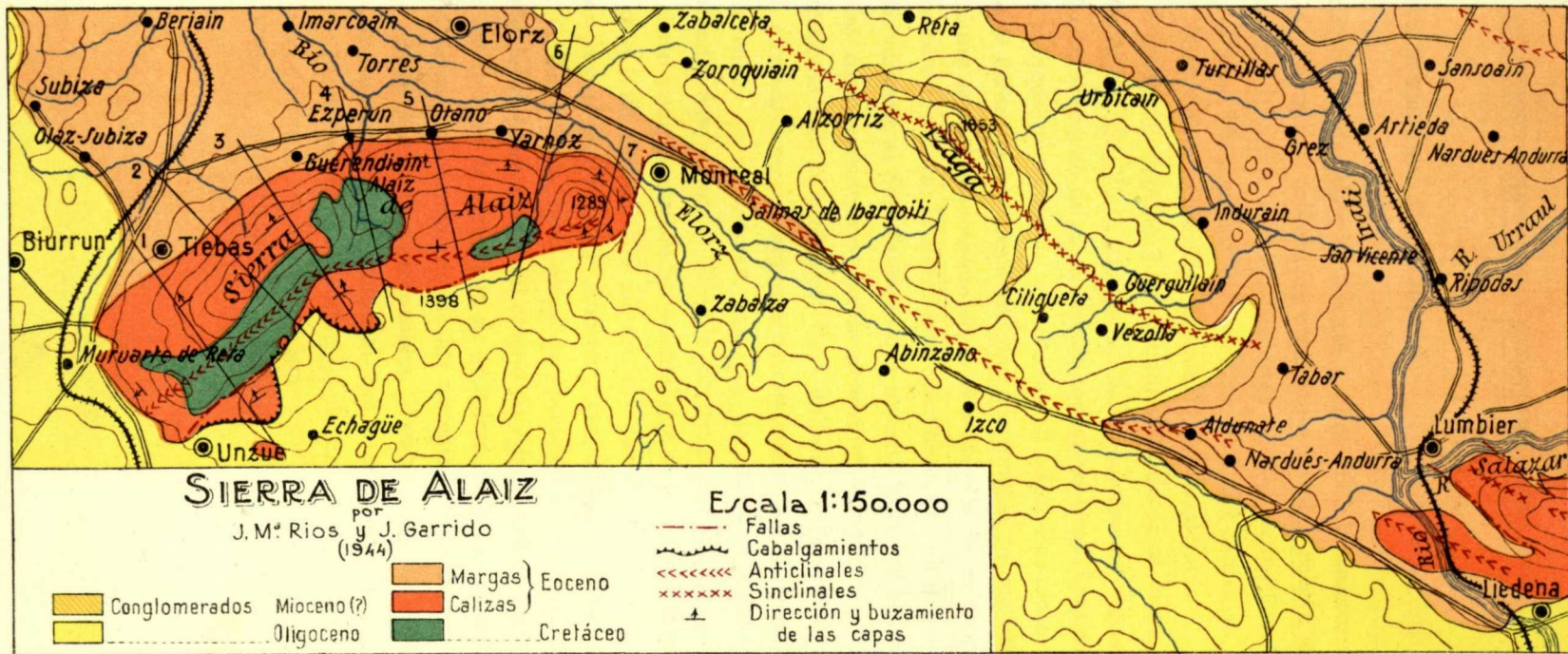
Margas azules
Calizas de alveolinas

Eoceno



Cretáceo





BREVE DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA

La Sierra de Alaiz se levanta a unos doce kilómetros al sur de Pamplona, sobre unas extensiones de poco relieve, de modo que su altura absoluta, de cerca de 500 metros (con la base a unos 540 metros y cota máxima de 1.289 metros en la cota Higa de su extremidad oriental), es considerable.

Presenta un aspecto muy distinto vista desde el Norte o desde el Sur. Al Norte muestra un flanco sumamente regular, tanto en el sentido de su pendiente como a lo largo. La sierra está curvada, presentando su convexidad hacia Pamplona, y no está coronada por crestones, sino que termina en una línea de altura media bastante uniforme. Resulta ello de su propia estructura tectónica; la sierra está constituida por un pliegue-falla, vergente al Sur, de modo que muestra al Norte el lomo de las capas, resultando que la pendiente topográfica viene a coincidir con la geológica. Esta uniforme regularidad no está alterada sino por algunos barranquillos que recogen las escorrentías de las laderas. Sólo dos de ellos han entallado profundamente: uno, el llamado barranco del Diablo, aísla en cierto modo la extremidad oriental que se levanta en forma de pico (cota Higa, 1.289 metros; máxima altura de toda la sierra), y el barranco de Andrés, cuya cabecera constituye un amplio y bello circo antes de encajonarse un poco más abajo del emplazamiento del caserío de Alaiz. Ambos barrancos entallan, en la parte baja de la ladera, en unas hoces estrechísimas y profundas donde los torrentes saltan en cascadas. Estas hoces son inaccesibles. También los barrancos que en su extremidad occidental van a salir entre Campanas y Muruarte, cortan considerablemente en las calizas de la ladera.

Vista la sierra desde el lado Sur, presenta un aspecto

totalmente distinto y muy irregular. Las roturas del pliegue se alzan como otros tantos escarpes. El relieve al sur de la sierra es muy variado y movido, levantándose en muchos sitios a casi la misma altura de las cumbres de aquélla, que no aparece, por consiguiente, como un conjunto topográfico tan completo y uniforme como el del lado norte.

Acercándonos a la sierra desde el lado de Pamplona, tal como se ve desde la carretera o el ferrocarril, parecería la sierra como una perfecta estructura cupuliforme. Pasado Murrarte cesa repentinamente este aspecto, una vez que se contornea el extremo occidental, y aparece entonces como una serie de escarpados, lomas y picos que se confunden con el movido terreno al Sur. Destaca entre estos accidentes la airosa Peña de Unzúe (cota 990) aislada del conjunto por una barrancada.

Describiremos en breves palabras el aspecto topográfico del resto del área representada en nuestro mapa.

Al norte y nordeste de la Sierra de Alaiz aparecen unas extensiones de escaso, pero movido relieve, resultado de la erosión de las blandas margas azules eocenas, las cuales suelen estar separadas del oligoceno por unas capas más duras que constituyen cejos continuos (Sierra del Tajonar, al sur-sudeste de Pamplona; Sierra de Tabar, al oeste de Lumbier). El oligoceno forma, geológicamente hablando, una depresión sinclinal (fig. 10); pero, topográficamente, existe en el mismo centro de ella una alta y escarpada sierra, coronada por la cumbre de Izaga (cota 1.353 metros), los contrafuertes de la cual se pierden en un terreno movido, pero no de gran relieve. Ya en el eoceno existe, al nordeste de la Sierra de Izaga, una alineación montañosa sumamente regular y continua, denominada Sierra de Gongolaz, con unos 250 metros de desnivel medio y cotas que varían entre los 700 y 740 metros. Los ríos Erro e Irati, que vienen del Pirineo con dirección Norte-Sur,

al tropezar con esta sierra se ven obligados a variar su curso en dirección Sudeste, y la contornean desarrollando sus meandros al pie del mismo escarpe, que queda en la ribera derecha. Por la ribera izquierda se extiende la gran mancha de margas azules eocenas de Aoíz, cuya descripción queda hecha en la parte anterior. De esta manera enlazamos ambas zonas.

Al sudeste de la zona que nos ocupa surge de entre las margas azules del eoceno la alineación montañosa de la Sierra de Leyre, cuya extremidad oriental hemos incluido en nuestro mapa para tener el enlace con la zona descrita en la primera parte de este trabajo.

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Estratigrafía.

En la región de que nos ocupamos son observables en superficie diversas formaciones cretáceas, eocenas y oligocenas.

El cretáceo tiene la constitución que era lógico esperar, dada la situación de este afloramiento y la composición que presenta al norte de Aoíz y en la Sierra de Leyre.

Es dudosa la presencia de calizas en la base del sistema (comparar con la estructura de la Sierra de Leyre, figura 1), aunque nos inclinamos a pensar que, en efecto, existen (lámina IV).

Las margas senonenses alcanzan un considerable desarrollo en superficie y en espesor. Son algo más impuras y, por consiguiente, más amarillentas que las que existen al norte de Aoíz, y, en cambio, están mucho mejor caracterizadas que sus correspondientes de la Sierra de Leyre y Navascués. Contienen abundantes fósiles, equínidos, inoceramus, ammonites desarrollados, etc., de los mismos tipos y especies que en la zona Norte. La lista detallada de especies y localidades se

dará en la parte de este trabajo dedicada a la Paleontología. Baste decir por ahora que se trata de especies típicamente senonenses.

Por encima de estas margas, y con un tránsito bastante gradual, se encuentran las calizas arenosas atribuidas por nosotros aún al senonense, pero que son consideradas por Palacios, así como por los autores de la hoja de Tafalla, como pertenecientes al danés. No hay razones paleontológicas, por ahora, para su atribución a uno u otro tramo. Son unas calizas margosas y arenosas bastas, en lajas irregulares y de colores rojizos y rojizo-grisáceos, en las que Del Valle y colegas vieron ejemplares de cyclolites y ostreas de difícil determinación.

Soportan estas calizas rojizas otras de colores grises y que generalmente contienen gran cantidad tanto de alveolinas como de nummulites. Se trata del tramo calizo que constituye la base del eoceno. Por encima de él vienen las margas azules eocenas, que en esta zona parecen carecer absolutamente de fósiles.

Estas margas soportan unas capas más duras y arenosas, cuyo aspecto y color rojizo corresponde ya al oligoceno.

El oligoceno es bastante variado en sus características litológicas y, como consecuencia, un poco enigmático, porque no resulta muy clara esta variedad de aspectos en zona tan pequeña, sobre todo teniendo en cuenta que el oligoceno es una formación de aspecto casi siempre muy uniforme.

Al sur de la Sierra de Alaiz está representado por unas calizas arenosas rojizas en lajas bastas, que recuerdan sorprendentemente al tramo superior del cretáceo. Al este de la citada sierra presenta un aspecto margoso de colores azules que recuerda, en cambio, al eoceno, y, en efecto, la separación es difícil y quizá un poco arbitraria. Podría tratarse del ludiense. Al norte de la sierra es algo más parecido al típico oligoceno, pero aun muy parecido al flysch eoceno. En una

palabra: es un poco confuso este oligoceno que rodea a la Sierra de Alaiz. No obstante, siempre presenta alguna intercalación con el típico aspecto del oligoceno, y además los sondeos realizados en esta región han encontrado sales (entre ellas sales potásicas), denotadas, por otra parte, por varios manantiales salinos, objeto de explotación, como en salinas de Ibargoiti.

En la cumbre de la Sierra de Izaga existen conglomerados en bancos y masas de importancia, que Selzer atribuye ya al mioceno (lám. V y fig. 10).

Volveremos a ocuparnos de ellos más adelante. Esta vez hemos alterado el criterio expositivo reduciendo considerablemente la exposición estratigráfica, que damos sólo en sus líneas más generales; pero al hacer la descripción tectónica insistiremos con más detalle en las características estratigráficas y litológicas, por convenir así a la claridad y sencillez de la exposición.

Resumiremos, comparando la estratigrafía de esta zona con las anteriormente descritas. Ya hemos dicho que existe acuerdo en lo que se refiere a la descripción del cretáceo, señalando las ligeras diferencias de aspecto y composición. En el eoceno existe una diferencia notable si se compara con la zona más al Norte. El eoceno de esta última es más complejo y potente. Existen, en efecto, unas calizas en la base que soportan margas azules; pero a diferentes alturas vamos encontrando otra serie de intercalaciones calizas, algunas de las cuales son muy importantes, si no por su espesor, sí por su continuidad en barras de muchísimos kilómetros de longitud, que se adentran hacia el Este en la provincia de Huesca. De esta manera se acumula allí un gran espesor de eoceno, tan pronto calizo como margoso (fig. 10), si bien el predominio en potencia de las margas azules es considerable, sobre todo en su parte alta (al sur de Aoiz). En cambio, en la zona de la Sierra de Alaiz,

el eoceno es sumamente esquemático: las calizas grises de la base y encima las margas azules, que soportan directamente el oligoceno sin más intercalaciones calizas, y sumando en conjunto un espesor mucho más reducido que en la zona Norte. O sea que bajo la extensa mancha oligocena debe experimentar el eoceno variaciones considerables, con el escamoteo de los diversos tramos calizos y con gran reducción del espesor. Debe tenerse en cuenta al enjuiciar este hecho que el oligoceno es transgresivo y llega a apoyarse directamente sobre las calizas grises de la base del eoceno (en la extremidad occidental de la Sierra de Alaiz), lo que explica este fenómeno, pero sólo en parte. Por ahora sólo estamos exponiendo el hecho, dejando para más adelante su interpretación y significado paleogeográfico.

TECTÓNICA

A) *Sierra de Alaiz.*

Como hemos dicho anteriormente, su estudio no ha sido hecho con minuciosidad; unido a esto la dificultad de la exploración de algunas partes y ciertas dudas estratigráficas que no hemos podido dejar resueltas, nuestros cortes, aunque realizados de estricto acuerdo con las medidas obtenidas y a escala real, son avances provisionales y corresponden a la norma que seguimos siempre en nuestros trabajos, de que en casos dudosos en que hay lugar a más de una interpretación, la más sencilla debe ser la más lógica, y es, por consiguiente, preferible.

Es, de todos modos, indudable que la Sierra de Alaiz no es sino la prolongación, o, mejor dicho, repetición (ya que existe solución de continuidad) del accidente tectónico de la Sierra de Leyre, que a su vez es de carácter y tipo idéntico al

de la Sierra de Navascués. Consiste, como aquéllos, en un pliegue con marcadísima vergencia Sur, fallado y volcado sobre su flanco meridional, de modo que cabalga sobre las formaciones situadas al Sur, en este caso el oligoceno. Lo que no aparece tan claro es si se trata de un pliegue sencillo, tal como lo hemos interpretado en nuestros cortes, o de un tipo más complejo, como, por ejemplo, el que presentan las zonas centrales de las sierras de Leyre y, sobre todo, la de Navascués.

Este anticlinal, como aquéllos, presenta completo y con gran uniformidad su flanco Norte. El flanco meridional está volcado y fragmentado, de modo que falta en algunas partes, por estar fallado o cobijado por el otro. Se hunde por su extremo oriental en forma tectónicamente normal, bajo las formaciones circundantes. El extremo oriental aparece en forma tectónicamente anormal, probablemente por falla de compresión.

Vamos a realizar su descripción detallada desde el Oeste hacia el Este.

Su extremidad oriental presenta paralelamente a la carretera (kilómetros 17 a 19) un flanco uniforme y regular, constituido por las calizas grises del eoceno, explotadas allí en varias canteras importantes. Están separadas del oligoceno por una faja de diluvial, pero es evidente que el contacto es tectónicamente normal, de modo que el anticlinal cierra por este lado en un medio domo un poco anguloso. El flanco Sur está representado aquí por la Peña de Unzúe, conjunto calizo más bien confuso (lám. IV), pero que parece estar volcado hacia el Sur, siendo los buzamientos (no medidos, sino apreciados) de unos 40° hacia la cumbre, 50° a media ladera y 75° hacia la base; todos ellos al Norte-Noroeste. Al pie del mismo de la cumbre de Unzúe, en el extremo Sudeste, hemos visto en fragmentos calizos, evidentemente caídos de arriba,

abundantes nummulites, que evidencian la edad eocena de este conjunto.

La Peña de Unzúe es prolongación, sin solución de continuidad, del medio domo antes mencionado. Subiendo por el barranco de Arlusia, que es el que pasa por Unzúe, encontramos en seguida de salir del pueblo unas copiosas fuentes que brotan en el contacto del oligoceno (que está vertical y muy laminado), con unos conglomerados unidos por cemento igualmente calizo de canto grueso de caliza. Estos conglomerados constituyen la soldadura, muy estrecha, de la volcada Peña de Unzúe, con las mismas capas eocenas en su posición normal. Dado que no se ven conglomerados en otras partes, así como por su posición vertical junto a un oligoceno laminado, es posible que representen una brecha de fricción, aunque su aspecto no corresponde exactamente, y más bien parecería un conglomerado normal, aunque de canto muy basto e irregular y poco rodado.

De todos modos, es evidente que justo en el barranco es donde se inicia el vuelco o fractura, de modo que a un lado las capas están normales y al otro volcadas y empujadas contra el oligoceno. Pasada la breve barra de conglomerados pisamos inmediatamente las margas senonenses, que allí contienen abundantísimos fósiles, entre ellos *Ananchytes* e *Inoceramus*. Son muy calizas y arenosas y de colores amarillentos. Las capas están apenas trastornadas y se presentan muy sorprendentemente, con bastante uniformidad y muy tendidas, a pesar de estar en contacto, evidentemente anormal, con las calizas eocenas volcadas de la Peña de Unzúe. Por encima, las margas senonenses soportan las calizas rojas arenosas de la misma edad, y éstas, las grises del eoceno. Tenemos, pues, un corte muy asimétrico y poco claro (corte núm. 1), ya que entre la Peña de Unzúe y las margas senonenses no aparecen por ningún lado las calizas rojas del senonense alto, que deberían

formar parte también del flanco Sur del anticlinal. Suponemos, pues, que éste está roto por su charnela y que el flanco Norte se arrastra sobre el Sur.

La extremidad norte o nordeste de la Peña de Unzúe está rodeada por las margas senonenses, que están allí en contacto directo con el oligoceno. Así, pues, más allá de la Peña de Unzúe el flanco sur falta completamente.

Las caras al este y sur de la citada Peña están rodeadas por el oligoceno. Este está muy tendido hasta muy cerca de ella, pero en las proximidades aparece siempre muy trastornado e inclinado (60-75° N.-NO.). Un mogote calizo que se presenta aislado al este de Unzúe parece un bloque desprendido de la Peña. El oligoceno de los alrededores del pueblo tiene su aspecto típico y normal; hacia el este y norte de la Peña es muy calizo, y se presenta en infinidad de lajas sueltas.

Avanzando hacia el centro del anticlinal, tenemos a la izquierda la masa uniforme y regular del flanco norte. A la derecha, el flanco meridional falta, y las margas senonenses están en contacto con el oligoceno; aquí presentan su típico aspecto de margas azules, y, efectivamente, parecen trastornadas. Hay trazas del flanco meridional en uno o dos afloramientos de calizas grises, y más adelante, en un fino espolón de caliza gris, que, en efecto, contiene nummulites y alveolinas (corte número 2), y cuyo buzamiento es de unos 40° al Noroeste.

Este espolón no es sino el extremo de una gran masa de caliza gris, que reproduce, si bien en una escala mucho menor, la forma del flanco norte, de modo que sus capas curvadas presentan su convexidad al nordeste y su buzamiento coincide con la pendiente de la ladera. Por dentro presentan un escarpe cortado en hoz por un barranco que abre luego encerrando un espacio relativamente amplio de pradería (corte

número 3). Resulta, pues, en pequeño, una especie de semi-domo, tan regular en la forma como el del flanco norte de la Sierra.

Estas calizas son grises y contienen alveolinas, habiendo visto en algún punto gruesos nummulites. Así, pues, parece fuera de duda que son eocenas.

Sin embargo, en nuestro primer recorrido nos pareció ver huellas de hippurites, justo en la extremidad sudeste de esta masa, en su punto más avanzado (cota 1.000), donde en una pintoresca crestería rocosa estas calizas avanzan en el oligoceno. Relacionando este dato con la forma de esta masa caliza y disposición general del pliegue, habíamos pensado que pudiera tener la disposición que muestra el croquis de la figura 9 (en oposición a la que muestra el corte 3). Al volver a recorrer esta zona posteriormente con objeto de aclarar esta duda, nos fué imposible localizar ninguna huella de rudistos, y encontramos en la misma masa caliza, aunque más lejos, los nummulites que no habíamos visto en nuestra primera excursión.

Entre el corte número 3 y el número 4, el anticlinal cierra sobre las calizas arenosas y rojas del senonense, que forman un arco amplio, suave y regular, de modo que no son visibles las margas azules.

Más adelante (corte número 4) se abre una gran cavidad o depresión, que no es sino la cabecera de un par de torrenteras que se reúnen en el caserío de Alaiz. Toda esta depresión ha sido originada por la erosión, y es sumamente pintoresca por estar rodeada en circo por los crestones y cingles de las calizas eocenas. En el fondo está situado el caserío de Alaiz en plenas margas senonenses cuajadas de bellos equínidos. Poco más abajo las aguas entallan en las calizas eocenas en una estrecha hoz. Calizas rojas y arenosas cretáceas, que en algún punto muestran huellas de hippurites y otras eoce-

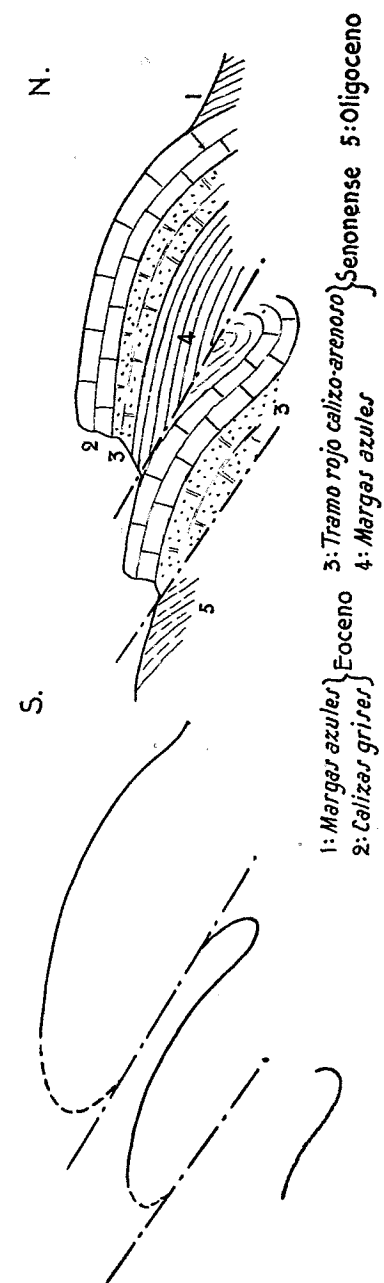


FIGURA 9

nas con alveolinas y nummulites, muy tendidas, están en contacto, por falla cobijante, con capas oligocenas calizo-arenosas inclinadas al Norte con pendientes de 55 a 75°. El flanco Sur parece haber sido ocultado por este cabalgamiento. El anticlinal ha roto por la charnela.

Más adelante (corte núm. 5), las calizas eocenas del flanco Norte cubren completamente el anticlinal y vienen a terminar en posición muy tendida junto al oligoceno, de modo que estas capas calizas casi horizontales, en que abundan los nummulites, están en contacto con el oligoceno muy inclinado. Toda esta zona es muy difícil de andar debido a lo espeso del matorral, que además cierra completamente la vista.

Más al Este (corte núm. 6), el anticlinal está de nuevo desmantelado, y bajo calizas eocenas, con abundantes nummulites y alveolinas, aparecen las calizas rojizas arenosas del cretáceo, que en el fondo son más margosas, como anuncio de las margas azules. El flanco Sur reaparece de nuevo, como una estrecha barra de calizas grises que contienen nummulites y alveolinas. Su posición varía entre la vertical y los 45° de inclinación al Norte. Se apoyan sobre calizas arenosas en lajas finas y bien estratificadas del oligoceno, cuyo buzamiento cerca del contacto es de unos 60 a 90° N., pero que queda rápidamente tendido cuando nos alejamos de él.

En el extremo oriental, la Sierra de Alaiz forma un anticlinal completo, cerrando enteramente en las calizas eocenas de nummulites (corte núm. 7), si bien está aun volcado hacia el Sur y apoyado sobre un oligoceno, cuya inclinación varía de los 65° N. a los 90°. Su parte más extrema cierra periclinalmente.

Inmediatamente al este de la Sierra de Alaiz hay una falla de dirección aproximada Norte-Sur, que pone las margas azules y calizas eocenas en contacto anormal con el oligoceno trastornado.

Del Valle, Mendizábal y Cincúnegui, en su memoria de explicación de la hoja de Tafalla adoptan para este señalado accidente tectónico el nombre de cobijadura Unzúe-Monreal, expresando que consiste en un braquianticlinal de unos diez kilómetros de longitud por tres de anchura máxima. Su formación estaría integrada por dos movimientos, uno al final del eoceno y otro al final del oligoceno, que rompió el abombamiento producido por el pliegue anterior y que al rasgar las calizas nummulíticas han ocasionado la cobijadura del flanco sur del anticlinal por debajo del norte, en sus ocho décimas partes orientales, resistiendo el empuje su extremo occidental. La causa de esta cobijadura estiman que reside en un empuje de Sur a Norte, que ha hecho avanzar el flanco meridional contra el del Norte, que consideran como resistente. No estamos conformes con esta idea, que, a nuestro entender, está en oposición tanto con la estructura y disposición tectónica de la sierra, que es de neta vergencia Sur, como con el cuadro general de la tectónica regional.

B) *Región al este y norte de la Sierra de Alaiz.*

La masa de la Sierra de Alaiz está constituida, como hemos dicho, por las calizas eocenas de la base del sistema. Surgen éstas en forma normal (fig. 10), bajo las margas azules del eoceno que se extienden por el Norte hasta Pamplona y enlazan con otras diversas y extensísimas manchas de margas idénticas. Ya hemos hecho notar la marcadísima disimetría que existe entre el conjunto del eoceno de la Sierra de Alaiz y el que poco más al Norte, con mucha mayor complejidad litológica y suma de espesores, apoya igualmente sobre el cretáceo. Estas series no son discontinuas, sino que enlazan precisamente por la zona de Pamplona, rodeando así una extensísima cubeta o depresión oligocena que llega por el Nor-

oeste hasta cerca de la capital, y por el Sudeste no lejos de Lumbier. Esta gran cubeta no está aislada de la gran mancha oligocena de la depresión del Ebro, sino que forma una expansión de ella, sin que exista solución de continuidad (lámina V y fig. 10).

Al Nordeste, hacia Aoiz, la línea de contacto eoceno-oligoceno viene a pasar por los pueblos de Lizárraga, norte de Ardanaz, Urbicain, Indurain, y las capas a lo largo de esa línea vienen a buzar con bastante regularidad unos 25-30° al Sudoeste; es, pues, una cubeta bastante acentuada por ese lado. Son allí margas y arcillas rojizas más o menos arenosas. Al Sudeste, el borde redondeado de la cubeta está perfectamente marcado en la topografía por las alturas de la Sierra de Tabar. Al Sur y Sudoeste está unida con la gran mancha oligocena de la depresión del Ebro; la unión constituye un agudo anticlinal (fig. 10), de lo que nos ocuparemos más adelante; parte de su charnela está cubierta por el oligoceno; en el resto afloran las margas azules del eoceno. El contacto viene a coincidir con unas capas arenosas duras, que vienen a formar el cejito que corona la Sierra del Tajonar. La inclinación de las capas de este borde de cubeta es de unos 40° Nordeste, un poquito al sur de Zabalceta y Zoroquiain.

Al Noroeste el oligoceno no debe de quedar lejos de la capital; debe de pasar cerca de Badostain y las Mutiloas; pero esta zona no la hemos recorrido.

Es una cubeta muy bien marcada geológicamente, por tener sus bordes levantados con bastante inclinación. El centro de ella está ocupado precisamente por el conjunto montañoso más alto de la comarca, la Peña de Izaga (1.353 metros de altura), cuya cumbre está formada por bancos de conglomerados.

Al Norte, estos bancos presentan un frente escarpado y homogéneo. Al Sur, en cambio, se van dividiendo en varias

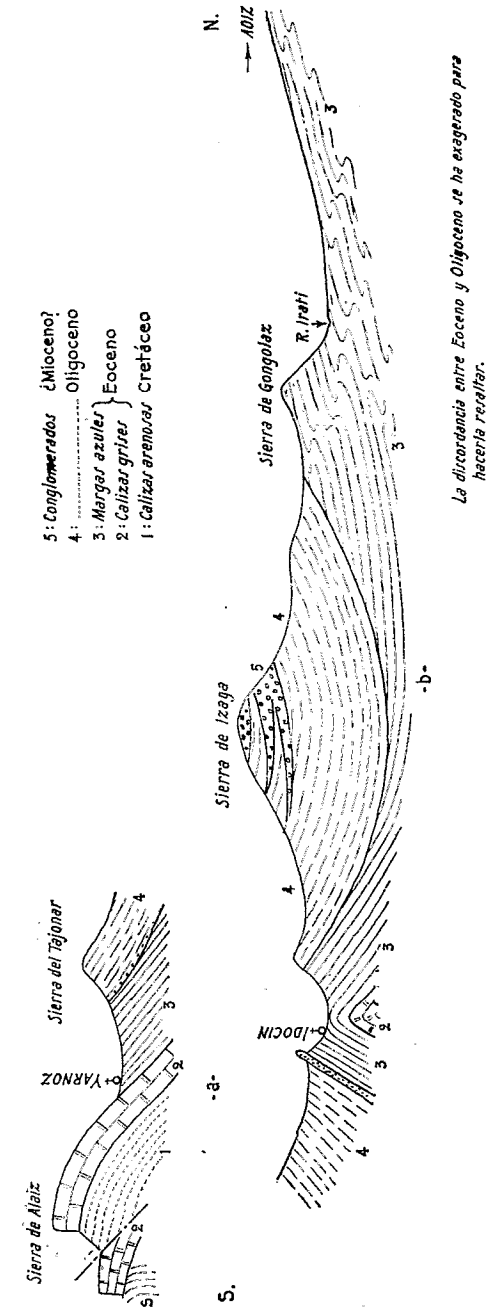


FIGURA 10

bancadas separadas por cuñas de margas y areniscas que se extinguen hacia el Norte (fig. 10).

Selzer los considera ya como miocenos. Es posible; pero, dado su carácter de cuñas intercaladas entre formaciones de aspecto aun francamente oligoceno, no parece que haya un motivo para separarlas con independencia. Ocupan el lugar que tantísimas otras masas de conglomerados que en Aragón y Cataluña aparecen en forma análoga en la parte alta del oligoceno. Ashauer ha separado en el Pirineo Oriental algunos de estos conglomerados también como miocenos.

Es evidente que este oligoceno, como ocurre en otras zonas pirenaicas más orientales, es transgresivo sobre el eoceno. En la provincia de Huesca esta transgresión es más violenta y está marcada por una faja casi continua de conglomerados, que con frecuencia se reúnen en masas potentes y que festonean el contacto eoceno oligoceno.

Aquí el fenómeno de la transgresión es mucho menos marcado. Localmente es imposible nunca apreciar, y mucho menos medir, discordancias angulares. Faltan las facies bastamente detríticas; pero la transgresión está bien marcada, por apoyarse el oligoceno en diferentes tramos eocenos, de modo que al Norte de la Sierra de Alaiz lo hace sobre las margas eocenas, y al Oeste, sobre las calizas de la base. Esto explica en parte la diferencia que se aprecia en los espesores del eoceno al Nordeste y al Sudoeste de la cubeta oligocena; pero no es, ni mucho menos, suficiente para justificar fenómeno tan acentuado. Se debe, sin duda, también a un acuñaamiento de las formaciones eocenas en dirección Sudoeste.

Al extremo Este de la Sierra de Alaiz existe una falla que separa dos estructuras diferentes. Al Oeste de ella (fig. 10 a) las capas buzan al Nordeste en la siguiente sucesión normal: calizas eocenas, margas azules eocenas, oligoceno.

Al este de la falla que pasa en las mismas inmediaciones

del pueblo de Monreal, la disposición es muy distinta. Adoptan allí las capas (fig. 10 b) la disposición de un agudo anticlinal cubierto por el oligoceno, y en cuya charnela denudada en parte aparecen las margas azules del eoceno.

El contacto eoceno oligoceno está constituido por capas de aspecto lacustre constituido por arcillas rosadas sueltas y tableadas, verdosas, que recuerdan bastante el keuper. Estas arcillas se ven en Monreal, Salinas de Ibargoiti, Idocin, etcétera. Como además abundan las fuentes salinas, algunas de ellas objeto de explotación, inducen a confusión, pudiéndose tomar a primera vista, como nos ocurrió a nosotros, por triásicas. Carez incurrió en esta equivocación.

Pero en Idocin, en el flanco sur del anticlinal, estas margas rosadas y verdosas están cubiertas por una corrida no muy gruesa, pero sí muy continua, de areniscas rojas micáceas con huellas de playa e inconfundible aspecto oligoceno.

Esta corrida se sigue perfectamente hasta cortarla en el kilómetro 18 de la carretera, donde curva alrededor del pueblo de Lecaun, marcando el cierre anticlinal del oligoceno sobre las capas eocenas.

Todo este flanco sur del anticlinal está bastante inclinado (50-60° SO.), y sobre este cejito de areniscas se desarrolla otra vez el oligoceno con carácter margoso, de arcillas o margas sueltas de color blanco azulado; un aspecto, por cierto, bien distinto del que presenta el oligoceno calizo arenoso del Sur de la Sierra de Alaiz. La bancada de areniscas rojas se sigue bien hasta el mismo pueblo de Monreal. Allí se acaban en la falla contra las margas azules eocenas.

Avanzando hacia Lumbier, la carretera sigue casi exactamente la charnela anticlinal (lám. V), cubierta por el oligoceno, constituido por bancos de areniscas duras y margosas, de color rojizo, comprendidos entre espesores bastante mayores de tierras y arcillas amarillas. El anticlinal se abre am-

pliamente al llegar a Aldunate, reapareciendo en la charnela las margas azules.

El flanco norte va a formar al borde Sudeste de la cubeta. El flanco sur se convierte en una serie de alturas coronadas por el oligoceno, que van en línea casi recta hasta Lumbier, donde de nuevo el oligoceno llega a apoyarse sobre las calizas base del eoceno.

**SOBRE LA TECTONICA
DEL PALEOZOICO DE LA ZONA DE
LAS NOGUERAS**

POR

N. LLOPIS LLADO

N. LLOPIS LLADO

SOBRE LA TECTONICA DEL PALEOZOICO DE LA ZONA DE LAS NOGUERAS

INTRODUCCION

En el borde meridional de la zona axial pirenaica, entre el Segre y el Noguera Pallaresa, los materiales paleozoicos del núcleo del Pirineo forman parte de un conjunto de imbricaciones, estudiadas primero por Jacob, Fallot, Astre y Ciry (18), y después por Misch (29 bis), que habían sido denominadas ya anteriormente por Dalloni "Capa de Las Nogueras" (13), y que, como han comprobado aquellos autores, no son sino la continuación hacia el Oeste de la estructura del Montsech de Tost y constituyen, por tanto, el frente Norte de la denominada "Serie de Pedraforca" (3), (4-5), (17), que se prolonga más allá del Segre.

Este paleozoico aparece incluido dentro de fuertes imbricaciones vergentes al Norte, a las que sirven de material plástico las capas rojas del permotrias. Según se puede ver en los magníficos cortes de Misch (29 bis), se trata de un estilo imbricado que se desarrolla sobre una profundidad de unos diez kilómetros, entre los materiales infracretácicos de la sierra de Cabó y el paleozoico rígido nuclear; es decir, entre la "zona de las sierras" y la "zona axial", y está constituido por dos grandes escamas, volcadas sobre el paleozoico del Puig del Orri. La más meridional integra el conjunto de

relieves de las sierras del Buseu y Tahús; la septentrional forma el complejo del Serrat Puyal-Las Planas-San Qui, entre la sierra de Tahús y el río del Cantó; ambas escamas están separadas por la banda permotriásica del barranco de Enseu-sierra de Tahús.

Los estudios de Misch han puesto al día la estructura de conjunto de estas escamas. No obstante, su estructura interna ha sido poco investigada, como tampoco demasiado a fondo, a mi parecer, el mecanismo de las dislocaciones que las limitan. En este último aspecto, sólo Birot (7) da algunas indicaciones interesantes, que se refieren a las relaciones entre la dislocación de Tahús y la superficie de erosión de La Guardia; pero, evidentemente, aun hay mucho que decir también sobre el desarrollo morfológico de la región.

Todo esto me ha hecho creer que tal vez podría ser de utilidad la transcripción de algunas observaciones tectónicas que hice sobre esta región en 1940.

Acompaño a estas notas un esquema estructural de la región recorrida y sus zonas limítrofes, para cuya confección he utilizado, como complemento de mis observaciones, los croquis de Misch y de Schmidt, ya que no he recorrido suficientemente la región para trazar de ella un mapa completo y preciso.

I.—LOS MATERIALES DE LA ZONA ESTUDIADA.

Ya he dicho que el objeto de las presentes notas es exclusivamente tectónico. No obstante, me parece conveniente, como preparación de las mismas, recordar las líneas generales de la estratigrafía de esta zona para poder comprender claramente el papel mecánico de cada una de las entidades petrográficas que lo integran.

Hay que distinguir, por consiguiente, dos grandes unida-

des estratigráficas: por una parte, el conjunto de sedimentos paleozoicos que forman el elemento petrográfico más destacado; por otra, la serie secundaria y, en especial, los sedimentos permotriásicos.

1. *El complejo paleozoico.*

Para mi objeto, los materiales paleozoicos son los más importantes, pues me ceñiré casi exclusivamente a la descripción de su estructura. Todos los autores que se han ocupado de la estratigrafía del paleozoico del Pirineo Oriental (8), (9), (10), (14), (20), (21), (27), (28-29), (30), (31), (32), (34), (36), (38) coinciden en colocar en la base un conjunto de sedimentos de gran potencia que atribuyen al ordoviciense. No obstante, estos materiales están casi siempre muy afectados por el metamorfismo de contacto y sus distintos niveles son difícilmente reconocibles, por sufrir fuertes variaciones verticales y horizontales. Schmidt (36) ha relacionado los conocimientos dispersos del paleozoico pirenaico, y, últimamente, Sampelayo (34) traza un magnífico cuadro de conjunto, que me servirá de pauta al tratar de estos materiales.

Las capas más antiguas claramente reconocidas parecen pertenecer al Arenig y están integradas por cuarcitas armóricas, pizarras cuarzosas y bancos calcáreos. Sobre ellas se apoya un grueso espesor de pizarras que puede situarse en el Llandeilo por su posición intermedia entre las cuarcitas armóricas y los conglomerados de Caradoc. De todas maneras, toda esta serie basal es muy dudosa, y la ausencia de fósiles hace que sea muy fácil confundir estas pizarras con las capas de variadas coloraciones y facies de la serie de Caradoc. Esta aparece bien representada, especialmente al este de la Seo de Urgel, en el valle alto del Segre, donde ha sido objeto de numerosos estudios (11), (13), (20), (28), (30), (33),

(36), (40). En el Caradoc hay en la base gruesos espesores de conglomerados de cantos de pizarras y cuarcitas del Arenig, a los que sigue la potente serie de pizarras gris-azuladas en lascas, con bancos de calizas y de grauvacas intercalados, en cuya parte alta se han encontrado las faunas Ashgillenses en el alto valle del Segre, dadas a conocer principalmente por Schmidt (36) y Boissevain (11). En nuestra región solamente afloran las capas ordovicienses en el anticlinal de Arcalis y una fuera de la zona que he recorrido; de manera que todos los materiales paleozoicos que nos interesan corresponden a niveles más altos.

El gotlandiense es el típico de todo el Pirineo, con sus pizarras ampelíticas cuajadas de graptolíticos, sus bancos de cuarcitas y las calizas carburadas, con ricas faunas, en la parte alta. No obstante, el gotlandiense de esta región, como el del resto del Pirineo oriental, no constituye, en realidad una entidad petrográfica concreta, pues se establece un paso insensible hacia los materiales de la base de las capas devónicas; es decir, existe una facies Downton, cuya separación de las pizarras y calizas carburadas es únicamente mecánica, tal como han demostrado Ashauer y Teichmüller para los materiales de la Cordillera costera catalana (1). Así, las calizas grises de la base del conjunto devónico situado entre Coll de la Borda y Tahús contienen graptolites, lo que denuncia su independencia cronológica de los materiales, ya francamente devónicos, situados a niveles estratigráficos más elevados. La faja de pizarras gotlandienses que pasa por Coll de Borda y norte de Castells está cuajada de graptolíticos muy bien conservados. También son muy ricas en fauna las calizas carburadas, dondequiera que afloren, y el estudio de sus riquezas paleontológicas ha dado lugar a la publicación de algunas monografías (6), (15), (16), (19), (37), (39). La potencia de estas capas es difícil de precisar, pues están siem-

pre muy comprimidas y laminadas; pero no debe de sobrepasar nunca de los 100 metros, incluyendo la facies Downton.

El Devónico es, en esta región, eminentemente calizo; no aparecen muy desarrollados los niveles de calcoesquistos y margas y arcillas abigarradas que se reconocen en el meso-devónico de otras regiones del Pirineo, pues únicamente entre los kilómetros 97-99 de la carretera del Noguera Pallaresa se reconocen pobres intercalaciones marno-arcillosas entre las calizas, según ha indicado ya Schmidt (36); análogas facies se reconocen en el camino de Bahent a Buseu, entre Gerri y Tahús, restos de un régimen continental más exuberante hacia el Este, especialmente desarrollado al norte de Seo de Urgel, en Andorra y Bescarán. Aquí los materiales devónicos tienen caracteres muy semejantes a los de la cuenca de Bellver (Cerdaña), donde predominan los niveles de calizas que acusan una sedimentación eminentemente marina.

Como en otros puntos del Pirineo, es difícil distinguir en ocasiones las calizas basales del eodevónico de las series superiores fameniense-frasnenses cuando no tienen niveles fosilíferos; en el valle del Noguera, entre Gerri y Sort, más arriba de Compte, Schmidt (36) ha reconocido las calizas de *Clymenias* y las calizas *griottes* rojas de *Cheiloceras*, tan características del neodevónico pirenaico. En el camino forestal de San Sebastián, lo mismo que a lo largo del camino de Bahent a Buseu, se cortan los niveles meso y neodevónicos, formados los primeros por calcoesquistos y margas y arcillas abigarradas de un espesor máximo de 50 metros, intercaladas mecánicamente entre potentes bancos de calizas de *Clymenias* e hiladas rojas de *Cheiloceras*. Entre las calizas de *Clymenias* y las de *Cheiloceras* se adivinan estrechas relaciones estratigráficas, a manera de cambios laterales, que hacen pasar las calizas grises a las rojas amigdaloides; este fenómeno lo he observado también con el doctor Solé Sabaris en el alto valle

del Segre, tanto en la cuenca de la Seo como en la de Bellver, y aun más hacia el Este, en el macizo de Puigllançada-Puig d'Alp, sobre La Molina, únicamente que, en todos estos puntos, la clara relación estratigráfica entre unos y otros niveles aparece enmascarada por la complejidad estructural que en todas estas localidades se advierte. En el barranco del Cantó, cerca de Soriguera, Schmidt ha observado intercalados entre estos niveles calizos neodevónicos, bancos de conglomerados, a los que cree resultado de una transgresión intraneodevónica, resultante de plegamientos de fase "leridana", equivalentes a la fase "mársica" de los plegamientos bretónicos.

En toda la región que he estudiado con detalle, es decir, las montañas comprendidas entre los ríos de Enseu, de Castellás y de Riumajó, el Devónico no tiene niveles detríticos perceptibles y está integrado por los siguientes elementos petrográficos:

40 metros: Calizas y calcoesquistos. Eodevónico.

20-40 metros: Margas abigarradas y calcoesquistos. Mesodevónico.

20 metros: Calizas con *Anarcestes* de Compte.

100 metros: Calizas con cefalópodos, que Schmidt reparte en cuatro niveles:

Capas de *Manticoceras*. Calizas grises.

Capas de *Cheiloceras*. Calizas rojas amigdaloides.

Capas de *Platyclymenias*. Calizas grises.

Capas de *Goniclymenias*. Calizas grises.

De los cuales, debido a la complejidad tectónica y a la rareza de fósiles, sólo he podido distinguir las capas de calizas rojas amigdaloides cuajadas de *Cheiloceras* de las calizas grises de los otros niveles, en los que rara vez he podido encontrar alguna *Clymenia* indeterminable.

Aun estos materiales deben de sufrir forzosamente variaciones laterales de facies y de potencia que tienden a mo-

dificar acusadamente sus características, pues mientras en el valle del Noguera, entre Gerri y Sort, y lo mismo entre Bahent y Buseu, aparecen con mayor o menor claridad todos los términos de la serie indicada, al norte de Tahús, en las sierras de Coll de la Borda, sobre las calizas del Downton con graptolites, se desarrolla una serie de calizas de una potencia total de unos 100 metros, fuertemente plegada, que deja aflorar en los ejes de los sinclinales las calizas rojas amigdaloides de *Cheiloceras* del neodevónico; aquí, pues, el mesodevónico es totalmente calizo y la potencia total del devónico muy reducida, pues las calizas situadas entre el Downton y el nivel de *Cheiloceras* deben de representar en su base el eo y el mesodevónico y, en su parte alta, las capas de *Manticoceras*.

Estas variaciones laterales son, por otra parte, muy corrientes en todo el Devónico del Pirineo oriental y su presencia es debida a la formación de undaciones transversales a la alineación general pirenaica; es decir, "schwollen" de dirección Norte-Sur, que debían provocar acusados cambios longitudinales en la sedimentación devónica. En el valle del Segre, las profundas diferencias estratigráficas que existen entre el devónico de la sierra de Arcabell (cuenca de la Seo) y el de los alrededores de Bellver o el de Moixaró-Puig d'Alp, entre el Llobregat y el Segre, tienen por génesis estas preparaciones epigenéticas de los movimientos orogénicos intrapaleozoicos que plegaron estos sedimentos.

El conjunto de materiales paleozoicos termina en esta zona con una potente serie de capas predominantemente samíticas, formadas por liditas, pizarras, grauvacas y conglomerados de tonos oscuros, que son los materiales corrientes en el carbonífero inferior pirenaico y que con tanta uniformidad de características se encuentran en la mayor parte del territorio español. El carbonífero inferior ocupa una gran extensión, pues comprende la cabecera de la Riera de Castellás hasta el

Serrat Puyalt por el Oeste y tiene una potencia media de más de 200 metros, repartidos en:

10 metros de liditas listadas.

20 metros alternancia de liditas y pizarras negras.

50 metros pizarras negras con nódulos de fosforita.

100 metros de grauvacas y pudingas, alternando con lechos delgados de calizas oscuras.

En Freixa, y a lo largo del camino de este pueblo a Tahús y entre Freixa y Junyent, pueden obtenerse buenos perfiles del Culm. En el Serrat de las Planas predominan los niveles de pizarras negras y de grauvacas. En Miramont, aparecen los gruesos bancos de conglomerados de elementos eminentemente cuarzosos muy bien rodados. No he visto aquí cantos de granito ni de otras rocas eruptivas, como se encuentran en otros puntos del Pirineo oriental (11), (40).

2. *Los materiales secundarios.*

El resto de los materiales que forman esta región pertenecen al secundario; pero para el objeto que me propongo, las únicas capas que tienen interés son los materiales permotriásicos y secundariamente, las calizas del muschelkalk, margas y yesos del keuper y las rocas básicas introducidas entre estos últimos materiales. Me excuso, pues, de describir las series de calizas jurásicas y cretácicas que bordean por el Sur esta región a lo largo de la línea Useu, Buseu, Castells, Tahús, formando las vertientes más septentrionales de la sierra de Boumort.

Los materiales permotriásicos son también muy conocidos; forman el conjunto de areniscas y conglomerados cuarzosos rojos, que se apoyan discordantes sobre el paleozoico; en los esquistos rojos de Gerri, Dalloni (13) ha encontrado una flora típica de la base del pérmico, la cual soporta las areniscas de Guils con *Equisetites arenaceus* que caracterizan el Bunt-

sandstein. Misch (29 bis) atribuye al permotriás del Segre una potencia de unos 700 metros, que Ashauer (2) distribuye, sin precisión, en unos 400 metros de pérmico y 300 metros de Buntsandstein. En la región que he recorrido, me parece enormemente difícil precisar los espesores de estas capas, pues aparecen enormemente plegadas, comprimidas y laminadas; la mayoría de las veces, aun desaparecen bajo los contactos mecánicos; no obstante, es evidente que su potencia debe de ser considerable. Al norte de San Sebastiá, camino de la sierra de Miramont (Las Planas) y en la cabecera del barranco de Bahent, estas capas muy plegadas tienen una potencia visible no inferior a 500 metros, y más hacia el Este, en las cumbres de la sierra de Tahús, donde se descubre una sucesión normal, parece mantenerse aproximadamente este valor.

El muschelkalk tiene poca potencia, pues no pasa de 30-40 metros, y está formado por calizas grises y calizas de fucoides y dolomías en su parte alta. Un buen corte del triás se puede obtener descendiendo de la sierra de Tahús hacia Castells, sobre la ermita de Nuestra Señora de la Guía.

El keuper está formado por margas abigarradas y yesos, localizados principalmente en los alrededores de Gerri, en el Noguera, los cuales contienen eyaculaciones de rocas verdes, que puntean en diversos afloramientos.

II.—ESTRUCTURA DEL BORDE MERIDIONAL DE LA ZONA AXIAL PIRENAICA ENTRE EL NOGUERA Y EL SEGRE

Desde las observaciones hechas por Vidal (37), en las que indicaba la superposición anormal de los materiales paleozoicos al permotriás de Rubio, las ideas sobre la estructura de esta región han experimentado profundos cambios; Dalloni (13), Jacob, Fallot, Astre y Ciry (18), Ashauer (2) y Misch (29 bis) han interpretado sucesivamente, y a grandes

intervalos, la tectónica de la "zona de Las Nogueras". Hoy está ya fuera de duda la autoctonia del Pirineo, de manera que esta región debe de interpretarse como una zona de estilo imbricado, en el que ha jugado el principal papel el zócalo paleozoico, tal como ocurre al este del Segre, en el Montsech de Tost (1), (18).

En su conjunto, la estructura entre el Noguera y el Segre es relativamente sencilla, pues está integrada por dos grandes escamas de paleozoico, vergentes al Norte y volcadas sobre los materiales ordovicienses del Puig del Orri. El primer contacto se establece a lo largo de la línea Malmercat-Les Llagunes-Rubio-Guils-Bellpuig. El permotrias, fuertemente inclinado hacia el Sur, se apoya sobre el conjunto de pizarras y cuarcitas del anticlinorio del Orri, pero sobre él cabalga el conjunto devónico-carbonífero de las sierras de Castellás-Biscarbó. El contacto es magnífico en Coll del Cantó, donde ha sido ya repetidamente descrito. Esta primera escama es la que tiene mayor extensión, pues se desarrolla entre el Segre y Bellpuig, comprendiendo los altos de Miramont y Las Planas, las sierras de Tahús y de Castellás, las cumbres de San Qui y la sierra de San Mauri.

La segunda escama es más pequeña y se extiende entre Gerri y La Guardia, al sur de la línea sierra de Tahús-barranco de Bahent. El contacto es análogo al de Coll de Cantó, pero la superposición del permotrias a las pizarras carboníferas de la sierra de Tahús es también, en parte, mecánica, pues en las cumbres de la sierra de Tahús, cotas 1.970 y 1.920, los conglomerados de la base del permotrias están verticales, y las pizarras paleozoicas están fuertemente comprimidas en el contacto, mostrando una microtectónica bien explícita en este sentido. Más hacia el Este, en cambio, el contacto pierde este carácter mecánico, y el buzamiento fuertemente inclinado hacia el Sur-Sudoeste de los conglomerados del permotrias le

da un carácter de mayor normalidad. Este permotrias soporta normalmente un Muschelkalk poco potente, que se desarrolla principalmente entre la ermita de Santa Magdalena y el Coll de la Borda. Sobre él se apoya el cuerpo paleozoico de la escama, iniciado con una lámina de pizarras ampelíticas gotlandienses, que ha favorecido el desenganche de la masa de calizas devónicas suprayacentes.

De ambas escamas, evidentemente la segunda tiene mayor desplazamiento horizontal, denunciado por la presencia de rocas verdes intercaladas entre las capas del Trías superior en los alrededores de Gerri y favorecido por la presencia de tres niveles plásticos superpuestos; Permotrias en la base, Keuper en medio y pizarras gotlandienses en la parte superior. Esta triple capa lubricante ha facilitado evidentemente el deslizamiento, mientras que en la escama septentrional sólo aparecen el Permotrias y el Keuper, y aun este último sólo en las proximidades de los valles más profundos, el Noguera y el Segre, en Sort-Malmercat y Bellpuig, respectivamente, pues las calizas devónicas entre Malmercat y Guils cabalgan en un frente de unos doce kilómetros de longitud al permotrias de Las Llagunas.

Más hacia el Sur aparece ya la compleja estructura de plegamiento de la zona de "las sierras", en la que los sedimentos secundarios desempeñan el principal papel; entre Tahús y Useu, los materiales urgoaptienses de las vertientes septentrionales de la sierra de Boumort cabalgan aún el Paleozoico de la segunda escama. El Prepirineo terciario no puede terminar aquí más aparatosamente, pues, como se ve, no sólo aparecen fuertemente imbricados los sedimentos secundarios, sino que los propios materiales de la zona axial, favorecidos por la intercalación de capas plásticas del Trías, se imbrican en escamas apretadas y se deslizan sobre la zona axial inmóvil, vergiendo fuertemente hacia el Norte.

III.—PROBLEMAS QUE PLANTEA EL PALEOZOICO DE LA ZONA DE LAS NOGUERAS

El material paleozoico que integran las dos escamas de la zona de Las Nogueras ha intervenido, pues, de una manera activa en los plegamientos terciarios, incorporándose estructuralmente a la tectónica propia del Prepirineo cenozoico. Así, el estilo tectónico dominante en las formas tectónicas de la "zona de las sierras" se propaga aún sobre estas escamas, cuyo material es una parte del Paleozoico integrante de la zona axial.

La presencia de estos materiales paleozoicos replegados por las fases orogénicas terciarias en el borde septentrional de "las sierras" plantea una serie de interesantes problemas tectónicos. Entre ellos destaca el de las relaciones estructurales entre este Paleozoico y los materiales de la misma edad de la zona axial, las cuales no están claras, a pesar de que las vergencias Norte que se reconocen en el borde septentrional de "las sierras", desde su terminación oriental en el Llobregat hasta las inmediaciones del Esera, parecen denunciar el papel de "antepaís local" (26), (22) de la zona axial durante la tectonogénesis pirenaica y, por consiguiente, un comportamiento mecánico y una estructogénesis diferente en ambas unidades paleozoicas (zona axial y zona de Las Nogueras). La primera, conservando su estructura y su rigidez ante los esfuerzos alpidicos; la segunda, adaptándose a la nueva estructogénesis e incorporándose al plegamiento. Parece, pues, que en esta zona las primitivas estructuras variscas deberían de aparecer profundamente modificadas por los nuevos esfuerzos orogénicos y que en la zona axial deberían de conservarse fundamentalmente intactos.

Por otra parte, todavía el Paleozoico pirenaico no nos es

lo suficientemente conocido, desde el punto de vista tectónico, para que podamos tener una idea exacta del verdadero papel que ha desempeñado en la orogénesis alpidica, pues mientras unos autores (12), (13) creen distinguir en las alineaciones de los ejes de sus pliegues, las huellas sucesivas de las orogénesis varisca y alpidica, otros parecen aceptar, para la zona axial pirenaica (11), (30), una mayor estabilidad durante los plegamientos alpidicos, con la sola producción de roturas de tipo germánico, como son bien patentes en este sentido el estilo de fractura de los valles de Andorra (23) o el más conocido todavía de la fosa de Cerdaña (11), (30), (20), (40), concepto este último que se aviene con el papel de "antepaís local", que parece pueda colegirse, repito, de las vergencias Norte dominantes en el prepirineo terciario, allí donde la zona axial ha tenido masa suficiente para comprimir hacia el Sur los sedimentos de la depresión subpirenaica, en el sentido en que ha sido concebida por Ashauer (2).

En este sentido, por consiguiente, me parece sumamente interesante el conocimiento detallado de la estructura del paleozoico de las escamas de Las Nogueras, de sus vergencias y de la marcha de los pliegues en el interior de estas escamas para poder compararlos con los del paleozoico de la zona axial y poder llegar a conclusiones sobre el papel de ambos en la tectonogénesis alpidica.

IV.—ESTRUCTURA INTERNA DE LA ESCAMA SEPTENTRIONAL

Entre el Trías de Gerri y la zona de Arcalis, el valle del Noguera corta netamente la escama más septentrional, a lo largo de la carretera, entre los kilómetros 98 y 100. Esta escama, aquí, sólo tiene dos y medio kilómetros de profundidad, y su estructura en este punto ha sido ya descrita por Schmidt (36). En su conjunto se trata de un sinclinorio com-

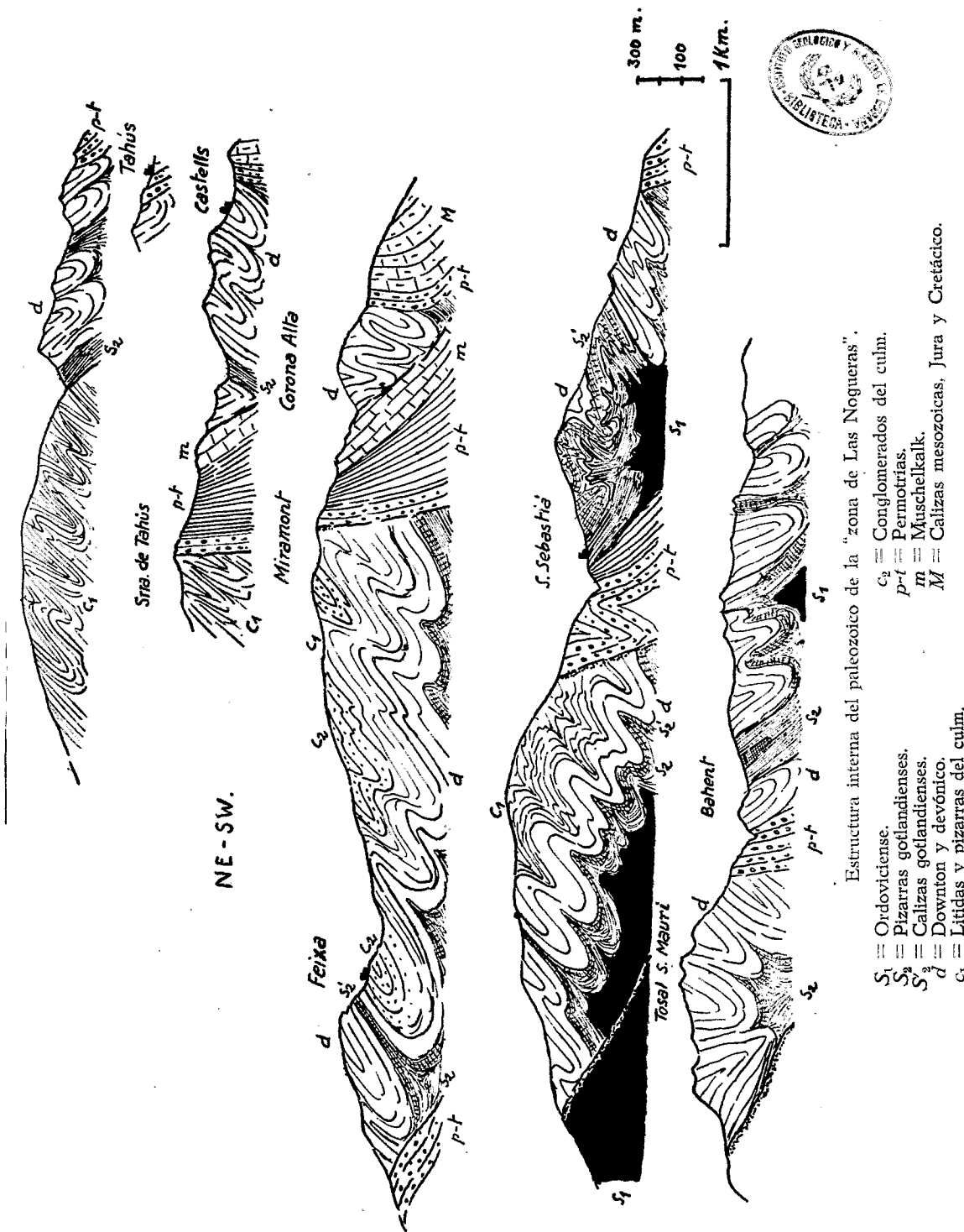
plejo con doble vergencia, del cual la rama Norte está mucho más desarrollada, pues consta de paquetes de calizas devónicas que se han desenganchado del conjunto, gracias a la presencia de las ampelitas gotlandienses en extremo plásticas. Esta zona Norte cabalga fuertemente al Triás, Permotriás y Ordoviciense de Arcalis.

La rama Sur del sinclinorio muere bruscamente ante el Permotriás de Gerri-Compte; pero esta estructura en abanico se continúa hacia el Este, integrando los enhiestos peñones del Tossal de San Mauri.

Al norte de San Sebastián, las capas permotriásicas de la faja Gerri-sierra de Tahús se ponen bruscamente en contacto con el macizo de Miramont; el espesor de este permotriás está, por lo menos, duplicado, pues apretados pliegues y numerosas roturas, especialmente microfallas, se descubren en el camino que desde esta aldea asciende hasta los altos de Miramont; son pliegues fuertemente apretados y vergentes al Norte, resultantes de la compresión y estrujamiento de estas capas más plásticas entre las dos escamas paleozoicas. Los pliegues se hacen evidentes por la repetición de las capas de areniscas cuarzosas que la erosión ha destacado entre las capas de arcillas y margas más plásticas.

El contacto septentrional es vertical, y en él las capas paleozoicas aparecen fuertemente trituradas; niveles plásticos rojos, tal vez pertenecientes al infrasilúrico, se han inyectado por el plano de dislocación, favoreciendo evidentemente su movimiento. Este contacto se asemeja más a la tectonoformas germánicas de mecanismo vertical que a las estructuras corrientes en el estilo imbricado del borde septentrional prepirenaico. Produce la sensación de una falla vertical no sólo no cicatrizada, sino aun de rejuego muy reciente.

Más al Norte, en el camino de las cumbres de San Qui, se entra en la extensa región carbonífera que integra los altos



Estructura interna del paleozoico de la "zona de Las Nogueras".

- S₁ = Ordoviciense.
- S₂ = Pizarras gotlandienses.
- S₃ = Calizas gotlandienses.
- d = Downton y devónico.
- c₁ = Litidas y pizarras del culm.
- c₂ = Conglomerados del culm.
- p-t = Permotriás.
- m = Muschelkalk.
- M = Calizas mesozoicas, Jura y Cretácico.

de Miramont y Las Planas. Un relieve marcadamente senil, que, no obstante, no puede llamarse superficie de erosión, decapita un conjunto de pliegues complejos, en general rectos, que más hacia el Este, en la cabecera del barranco de Castellás y en el barranco de Mesons, tienden a verger netamente hacia el Sur y Sudeste. Los pliegues son muy apretados, dada la plasticidad del material, formado predominantemente por pizarras de la base y parte media del Culm; sólo esporádicamente en los núcleos de los sinclinales que la erosión ha respetado aparecen los potentes bancos de liditas y de conglomerados de la parte alta que atenúan un poco el plegamiento, resistiéndose a la compresión. La orientación de estos accidentes sufre una marcada flexión entre las cumbres de Las Planas y la cabecera de la Riera de Castellás, pues la dirección francamente Este-Oeste de los pliegues del Serrat Puyal pasa a netamente Nordeste-Sudoeste, entre Freixa, Junyent y la sierra de Tahús. Esta torcedura, tan bien acusada, produce la sensación de un fenómeno moderno, de adaptación de las antiguas estructuras variscas a las nuevas formas alpidicas, pues tiene lugar precisamente allí donde se inicia el contacto mecánico entre el Permotriás de la sierra de Tahús y el Carbonífero de Miramont; al Sudeste de la cota 1.970, una de las cumbres de la sierra de Tahús, donde se inicia el contacto normal del Permotriás con el Carbonífero, las alineaciones paleozoicas se hunden indiferentemente bajo la cobertera permotriásica, mientras que hacia el Noroeste, a lo largo de la dislocación, se inicia la flexión y los pliegues paleozoicos siguen paralelamente el accidente alpidico; todavía más hacia el Oeste continúan las mismas características estructurales por el norte del Tossal de San Mauri hasta el Noguera.

En las cumbres de San Qui, inmediaciones de la cota 1.777, aparece el contacto del Carbonífero con el Devónico; son las calizas *griotte* del fameniense-frasniense, entre las que se in-

tercalan niveles rojos cuajados de *Cheiloceras*, la mayoría mal conservados, que entran bruscamente en contacto con las capas altas del Culm, grauvacas, pizarras micáceas y conglomerados cuarzosos, con fuertes señales de milonitización. El contacto se dirige hacia el Nordeste, pasando sobre Freixa y terminando en el barranco de Soriguera ante el Permotriás de Las Llacunes. Este contacto mecánico, cuya fuerte compresión viene denunciada por la zona de milonitas, es la región frontal de un conjunto de pliegues fuertemente imbricados y netamente vergentes hacia el Sur y Sudeste, que constituyen en este punto el frente de la escama septentrional de la capa de las Nogueras. Estos pliegues están modelados en el devónico; pero en los collados de San Qui, en el núcleo de un anticlinal complejo, aflora el Downton y las calizas gotlandienses, ricas en braquiópodos y cefalópodos principalmente.

En la sierra de Tahús, el contacto del conjunto carbonífero con el permotriás tiene características idénticas a las del norte de San Sebastiá, pero va perdiendo cada vez más hacia el Este el carácter de contacto tectónico, hasta convertirse en los alrededores de la cota 1.970 en un contacto normal. Las capas de conglomerados permotriásicos están aún fuertemente inclinadas hacia el Sur, pero ya se apoyan normalmente sobre el Paleozoico arrasado; la primitiva superficie de erosión post-varisca está, pues, aquí fuertemente inclinada al Sur y totalmente degradada hacia el Norte del contacto.

V.—LA ESTRUCTURA DE LA ESCAMA MERIDIONAL

La escama meridional es la de tectónica más apretada. Parece fuertemente estrujada y comprimida, probablemente bajo la influencia de varios factores: la ausencia de conglomerados carboníferos rehacios al plegamiento, la presencia de materiales gotlandienses excesivamente móviles y aun el pe-

queño desarrollo del conjunto, que alcanza una anchura máxima de dos y medio kilómetros.

En efecto, a todo lo largo del frente de esta escama, y agrupándose ya sobre el Permotriás, ya sobre el Muschelkalk, se desarrolla una faja gotlandiense de unos 50 metros de anchura, que incorporada a las arcillas del Keuper ha favorecido enormemente el deslizamiento. El resto de la escama son calizas gotlandienses y calizas, dolomías y margas devónicas. El Devónico, excepción hecha de los niveles arcillosos, es elemento rígido, pero se pliega profusamente sobre la "pulpa" Gotlandiense-Keuper.

El camino que desde Bahent se dirige a Buseu, y el que desde este último punto conduce a San Sebastián, aguas arriba del barranco de San Sebastián, dan dos buenos cortes que permiten percatarse de la estructura interna de la región occidental de esta escama. Series de calizas devónicas, calcoesquistos, esquistos con trilobites y calizas carburadas gotlandienses, se amontonan sucesivamente en paquetes vergentes uniformemente hacia el Norte. Los frecuentes cambios de buzamiento y los contactos mecánicos frecuentes denuncian la extraordinaria movilidad de estos materiales. En mitad del camino, los pliegues alcanzan la máxima compresión y se producen desenganches; los materiales del Devónico inferior y aun las calizas gotlandienses cabalgan en más de 500 metros a las calizas del Devónico superior. Se trata realmente de una verdadera "subescama", dentro de la tectónica del conjunto.

En general, el Devónico es muy somero y está muy apretado y comprimido, de tal modo, que el que decide la estructura es evidentemente el Gotlandiense, el cual llega a aflorar en las zonas de máxima compresión. El barranco de San Sebastián corta el núcleo de un pliegue donde afloran las calizas carburadas, riquísimas en fósiles gotlandienses, especialmente cefalópodos y lamelibranquios.

La región oriental de la escama ofrece mayor complicación, y una tectónica todavía más apretada. Esto se debe a que el Devónico pierde desarrollo y gana, en cambio, en extensión el Gotlandiense. La zona marginal se complica aún más por la aparición de las calizas del Muschelkalk sobre los depósitos permotriásicos.

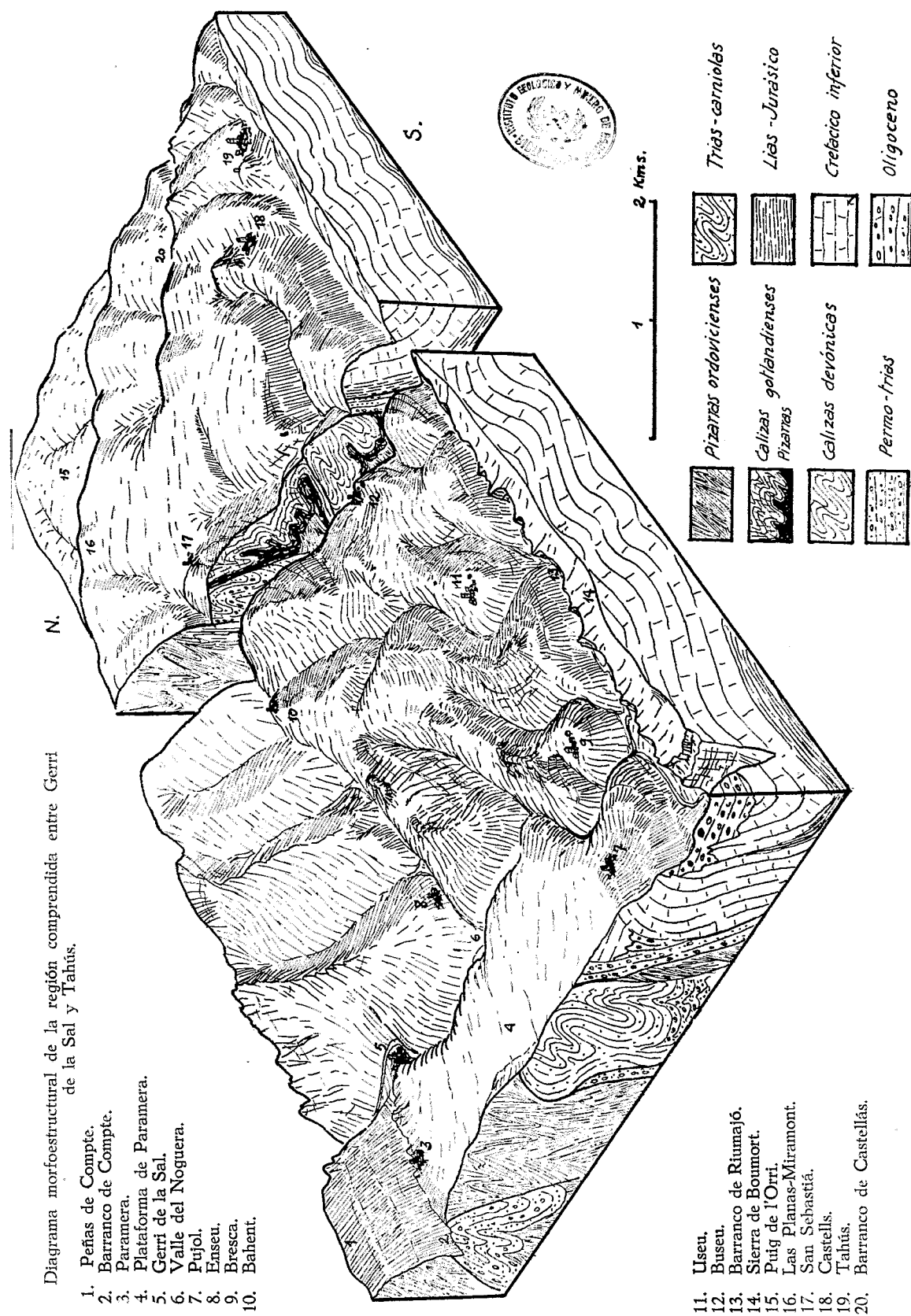
Descendiendo desde la sierra de Tahús, cota 1.970, hacia el poblado de Castells, por la ermita de Nuestra Señora de la Guía, se corta la estructura de la región oriental de la escama. Contra las calizas con fucoides del Muschelkalk, inclinadas 50-60° S., chocan bruscamente capas de calizas devónicas fuertemente trituradas. Este contacto renueva la impresión de dislocación vertical que ofrece el del Permotriás con el Paleozoico al norte de San Sebastián. Sobre este complicado retazo de Devónico aparecen las capas gotlandienses y el Devónico de la sierra de Castells, formando pliegues isoclinales con vergencia poco inclinada hacia el Sur. Parece, pues, que al este del barranco de San Sebastián los pliegues paleozoicos sufran un cabeceo, pasando de las claras vergencias Norte que se reconocen en la región occidental de la escama a limpias caídas al Sur en la zona de Castells.

Pero esta anomalía es un fenómeno puramente local, ya que más hacia el Este, en el Coll de la Borda, al norte de Tahús, vuelven a aparecer las vergencias Norte. La escama tiene, pues, aquí, la misma estructura que en Castells, pero sus pliegues internos están netamente tumbados, hacia el Norte. Las pizarras gotlandienses de la zona Coll de la Borda-Nuestra Señora de la Guía son riquísimas en graptolitos.

VI.—TECTÓNICA COMPARADA Y ESTILOS TECTÓNICOS

En realidad, la estructura de ambas escamas, como se ve, es fundamentalmente idéntica. No obstante, se observan ciertas anomalías de interés, referentes, especialmente, a las direcciones de los pliegues y a las vergencias. En la escama septentrional, los ejes de los pliegues se dirigen perfectamente de Nordeste a Sudoeste, menos en la región occidental, que se alinean de Oeste a Este. Hay, pues, aquí una neta renegancia entre la alineación de la tectónica varisca y la escama pirenaica; sólo hacia occidente, en el Noguera, donde la estructura es mucho más apretada, se produce un fenómeno de adaptación de las alineaciones variscas a las alpidicas. Las vergencias son siempre neta y claramente al Sur, aun en la zona del Noguera, en completa renegancia con las vergencias de la escama alpidica. El paleozoico en masa ha sido desgajado y transportado hacia el Norte, actuando como una masa rígida, excepto en el Noguera, donde se ha adaptado a la nueva dirección, pero no a la nueva vergencia.

Los pliegues variscos de la escama meridional, en cambio, presentan una mayor facilidad de adaptación a la nueva estructura alpidica, pues sólo son cortados en su borde occidental; tanto en el frente como en la raíz de la escama, se adaptan siempre casi perfectamente a la alineación alpidica, de la que aun siguen las sinuosidades frontales. Pero esta adaptación parece manifestarse no sólo en las alineaciones, sino aun en las vergencias, inclinadas regularmente hacia el Norte y, por consiguiente, en desacorde con las de la escama septentrional. El volumen y desarrollo de ésta me hacen pensar que en ella se han conservado las primitivas vergencias variscas, y que, en cambio, en la escama de Tahús han sido enmascaradas por las nuevas compresiones alpidicas. No hay



que olvidar que sólo 100 metros escasos de materiales devónicos intervienen en el plegamiento de la escama meridional y que toda la estructogénesis corre a cargo del gotlandiense excesivamente plástico, lo que da al conjunto una facilidad de adaptación a la nueva tectónica mucho mayor que la de los rígidos y potentes bancos del culm de la escama septentrional.

Pero, aparte estas anomalías impuestas por la tectonogénesis alpídica, la orogénesis varisca ha determinado en estos materiales un limpio estilo imbricado, vergente en su conjunto hacia el Sur, estilo condicionado evidentemente por la anisotropía del material. Así, en las calizas devónicas y en los conglomerados del Culm se desarrollan localmente estilos isoclinales; pero donde entran en juego los materiales plásticos, los contactos son siempre mecánicos y el estilo netamente imbricado.

VII.—TECTONOGÉNESIS

La estructura descrita denuncia una tectonogénesis compleja. En ella se reconocen las huellas de las dos oleadas orogénicas que han intervenido en las estructogénesis pirenaica: el plegamiento herciniano y el plegamiento alpídico. El primero ha modelado la estructura interna del paleozoico; el segundo es el responsable de la génesis de las escamas de las Nogueras y probablemente de una compleja removilización y adaptación a las nuevas formas tectónicas de las estructuras variscas, especialmente allí donde los materiales tenían grado de plasticidad suficiente para prestarse a una nueva movilización.

La tectonogénesis varisca ha determinado los estilos imbricados de poca profundidad que dominan en la estructura del paleozoico y las vergencias al Sur. La tectonogénesis alpídica ha estructurado las dos grandes escamas volcadas al Norte, y cuyo núcleo paleozoico ha actuado de elemento rígido en ge-

neral. No obstante, las pizarras gotlandienses se han incorporado localmente a los materiales plásticos del Keuper, formando una "pulpa" extraordinariamente móvil que ha determinado los deslizamientos principales. Casi siempre, la parte rígida de la escama cubre en el frente el piso lubricante, el cual desaparece por laminación, inyectándose en las fisuras de la base del manto de la escama. El estrato lubricante sólo aparece allí donde la erosión ha degradado profundamente el manto de la escama (depresión de Gerri y zona de Arcalis). Así, en el frente Norte de la escama septentrional, las capas devónicas cabalgan indistintamente el Ordoviciense de Arcalis y el Permotriás de Soriguera-Las Llacunes, sin aparición del Keuper, que debe estar lo menos a dos kilómetros del frente, por debajo del manto, y que no aflora hasta más hacia el Oeste en el Noguera.

Pero con la formación de las dos escamas volcadas hacia el Norte no ha terminado seguramente la evolución tectónica de esta región, pues el contacto del permotriás con el paleozoico de la escama meridional probablemente ha actuado, y aun en época reciente, como una dislocación vertical que ha elevado la escama septentrional, favoreciendo de este modo su disección. En efecto, Birot (7) ha observado ya que los depósitos que cubren la superficie de erosión de La Guardia están inclinados hacia el Norte y supone que de esta inclinación es responsable esta dislocación, hundiendo el borde Norte de la escama meridional.

La presencia y mecanismo de esta dislocación explica algunas particularidades tectónicas y morfológicas; en primer lugar, el intenso estado de degradación en que actualmente se encuentran estas estructuras, lo que no ocurre en su continuación oriental, más allá del Segre, en el Montsec de Tost. Aquí el núcleo paleozoico de la escama ha sido casi totalmente exhumado, mientras en Tost conserva buena parte de

la cobertera mesozoica plegada; en segundo lugar, indica la imposición de una estructura germánica, de tectónica, vertical, en época postpirenaica; esta dislocación se habría establecido durante la fase sálica o tal vez aun más recientemente; pero es, desde luego, de mecánica idéntica a las dislocaciones de Cerdaña y de la zona axial. Es la influencia de la rigidez del zócalo, que se manifiesta de esta manera en las réplicas de la orogénesis pirenaica.

VIII.—COMPARACIÓN CON LAS REGIONES PALEOZOICAS DE LA ZONA AXIAL Y CONCLUSIONES

Finalmente, para poder llegar a las conclusiones tectono-genéticas que me he propuesto en esta nota es necesario comparar, aunque sea brevemente, la estructura analizada con los estilos tectónicos de la zona axial pirenaica. Esto tiene, evidentemente, el inconveniente de que la estructura interna de esta zona axial es poco conocida aún por una parte; por otra, el diferente papel que en la estructura alpídica desempeñan la región central y la oriental, en relación con la zona occidental. Entre el Esera y el Ter, el análisis estructural muestra en sus rasgos esenciales una estructogénesis varisca con frecuentes inflexiones y cambios de vergencia, anomalías que, a mi parecer, no deben de ser explicadas forzosamente por la actuación de fases orogénicas distintas, sino que en su génesis puede haber sido un factor fundamental, por ejemplo, la presencia de masas rígidas próximas, como las intrusiones graníticas. En el alto valle del Valira (Andorra), la estructura varisca aparece cortada por importantes dislocaciones de edad terciaria (falla de Santa Coloma-Les Escaldes), que dividen el conjunto en bloques; más hacia el Este, la cuenca miocena de Cerdaña (20), (28), (11), (30), (40) muestra otro magní-

fico ejemplo de tectónica germánica terciaria, cortando indiferentemente la estructura varisca. Hacia el Este, aun los ejemplos se repiten: Canigó, Alberas, sierra de Rosas (11), (24), (35), (13) muestran las mismas características, es decir, la estructura varisca primitiva cortada por las grandes fracturas verticales de edad pirenaica.

Existe, por consiguiente, una profunda diferencia estructural entre el paleozoico de la zona axial en general (región oriental) y el de la zona de "Las Nogueras". Esta diferencia radica en su movilidad. En el paleozoico de Las Nogueras ha habido, evidentemente, una removilización alpídica de las estructuras variscas; especialmente en las zonas donde dominan los materiales plásticos, ha existido una verdadera adaptación a las nuevas ondas orogénicas; sobre estas estructuras sólo de una manera secundaria se han instalado fracturas de estilo germánico que han hecho jugar verticalmente los bloques; en cambio, sobre el Paleozoico de la zona axial del Pirineo oriental, por lo menos en la zona Andorra-Cerdaña-Canigó-Rosas, más conocida estructuralmente, no parece haberse producido removilización alguna durante el plegamiento pirenaico. Por el contrario, parece haberse comportado durante el terciario como un elemento de gran rigidez, como una especie de "antepaís local", contra el que se han adosado los estilos de plegamiento de "las sierras", y en el cual las huellas de la tectonogénesis pirenaica son únicamente profundas dislocaciones de estilo germánico, cuyo juego ha llegado a producir verdaderas cuencas subsidentes durante el terciario superior (Seo de Urgel, Cerdaña, La Guardia), como lo acreditan los sedimentos correlativos. En este comportamiento mecánico intraterciario de la zona axial no veo diferencia alguna con el de las zonas rígidas de antepaís de la Cordillera costera catalana (Montseny, Montnegre, Gavarras) (22), (25), (35).

BIBLIOGRAFIA

- 1.—ASHAUER (H.) und TEICHMÜLLER (R.).—“Die variscische und alpidische Gebirgsbildung Kataloniens.” *Abh. Gess. Wiss. Göttingen. Math. Phys. Kl.* 3 F., H. 16. 79 págs., 7 láms., 48 figs.—Berlin, 1935.
- 2.—ASHAUER (H.).—“Die Ostliche Endigung Pyrenäen.” *Abh. Gess. Wiss. Göttingen. Math. Kl.*, 3 F., H. 10.—Berlin, 1934.
- 3.—ASTRE (G.).—“Sur les unités tectoniques des Sierras de Cadi, de Port de Compte et de quelques massifs voisins.” *Comp. Rend. Académie Scienc.*—Paris, 1924.
- 4.—ASTRE (G.).—“Sur les limites de la zone tectonique de Pedraforca.” *Bulletin Soc. Geol. France, Comp. Rend. Somm.*—1925.
- 5.—ASTRE (G.).—“Sur les caracteres d'ensemble de la zone tectonique de Pedraforca.” *Bull. Soc. Geol. France*, 1934.
- 6.—BATALLER (J. R.).—“Observations al treball del Sr. Faura Sans sobre la fauna silurica dels Pirineus.” *Cons. Red. Butll. Inst. C. H. N.*, volumen XXXV, IV trim., 1935.
- 7.—BIROT (P.).—“Recherches sur la morphologie des Pyrénées Orientales.” 318 págs., 65 figs., 6 láms., 16 fot.—Paris, 1937.
- 8.—BAUZÁ (F.).—“Breve reseña geológica de las provincias de Tarragona y Lérida.” *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, tom. III, pág. 115, 1876.
- 9.—BERTRAND (L.).—“Contribution a l'histoire stratigraphique et tectonique des Pyrénées centrales et orientales.” *Bull. Soc. Geol. France*, núm. 118, vol. XVIII, págs. 365-547.
- 10.—BERTRAND (L.).—“Sur la structure géologique des Pyrénées occidentales et leurs relations avec les Pyrénées orientales et centrales; essai d'une carte structurale des Pyrénées.” *Bull. Soc. Geol. France*, 4.^a serie, pág. 11, 1911.
- 11.—BOISSEVAIN (H.).—“Etude geologique et geomorphologique d'une partie de la vallée du Haute Segre.” *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, tomo LXVI, págs. 33-170.—Toulouse, 1934.
- 12.—CHEVALIER (M.).—“La tectónica de Catalunya.” *Ciencia*, año IV, número 27, págs. 453-468, 7 figs., 1 map.—Barcelona, 1929.
- 13.—DALLONI (M.).—“Geologie des Pyrénées Catalanes.” *An. F. Sc. Marseille*, tom. XXVI, fasc. III, 373 págs., 2 láms., 1 map.—Alger, 1930.
- 13 bis.—DALLONI (M.).—“Stratigraphie et tectonique de la region des Noguerras (Pyrénées Centrales).” *Bull. Soc. Geol. France*, 4.^{ème} ser. 13, páginas 243-264, 1 fig.—1913.
- 14.—FAURA SANS (M.).—“Sintesis estratigráfica de los terrenos primarios de Cataluña.” *Mem. R. Soc. Esp. His. Nat.*, tomo IX, 202 páginas.—Madrid, 1913.
- 15.—FAURA SANS (M.).—“Graptolitos citados en Cataluña.” *Mem. R. Sociedad Esp. Hist. Nat.*, tom. VI, págs. 45-65, 2.^a ép., 1909.
- 16.—GAERTNER (H. R. v.).—“Obersilurische Faunenaus den spanischen Pyrenäen. Nachrich. c. d. Gessels. d. Wissensch. z. Gottingen.” IV. (*Geol. u. Miner.*), 1930.
- 17.—JACOB (CH.).—“Zone axial, versant sud et versant nord des Pyrénées.” *Libr. Jub. Cent. Soc. Geol. France*, vol. II, págs. 389-410.—Paris, 1930.
- 18.—JACOB, FALLOT, ASTRE et CIRY.—“Observations tectoniques sur le versant meridional des Pyrénées centrales et orientales.” XIV Congreso Geol. Int., 1926, vol. II, págs. 335-411, 2 láms., 1 map.—Madrid, 1927.
- 19.—KARRENBERG (H.).—“Biostratigraphischen studien in Koblenz der Westpyrenäen.” *Festschrift z. 60 Geburtstag. V. H. Stille*, páginas 277-296, 2 pl.—Stuttgart, 1936.
- 20.—LEYMERIE (A.).—“Recit d'une exploration géologique de la vallée du Segre.” *Bull. Soc. Geol. France*, tom. XXVI, pág. 636, 1869.
- 21.—LEYMERIE (A.).—“Résumé d'una explication de la carte géologique du departement de la Haute Garone.” *Bull. Soc. Geol. France*, tomo XXIX, pág. 281, 1872.
- 22.—LLOPIS LLADÓ (N.).—“Contribución al conocimiento morfoestructural de las Catalanides.” Tesis doc. (resumen en *Bol. R. Soc. Española de Hist. Nat.*, tom. XLI, págs. 593-604.—1943.
- 23.—LLOPIS LLADÓ (N.).—“Los movimientos corticales intracuaternarios del NE. de España.” *An. C. Inv. Geol. “Lucas Mallada”* (en publicación).
- 24.—LLOPIS LLADÓ (N.).—“Epirogenesis cuaternarias en la Península de Rosas.” *Las Ciencias*, año IX, núm. 2, 9 págs., 5 figs.—Madrid, 1944.
- 25.—LLOPIS LLADÓ (N.).—“Estudio geológico del valle del Congost.” Publicaciones del Inst. Geol. Dip. Prov., V, 102 págs., 12 láminas, 25 figs., 1 map.—Barcelona, 1942.
- 26.—LLOPIS LLADÓ (N.).—“Estudio tectomorfológico de la terminación meridional de la depresión prelitoral catalana.” *Est. Geogr.*, año IV, número 10, págs. 31-111, 17 figs., 6 láms.—Madrid, 1943.
- 27.—MALLADA (L.).—“Explicación del Mapa Geológico de España”, tomo II-III *Mem. Com. Map. Geol. Esp.*, 1896-98.
- 28.—MENGEL (O.).—“Feuilles de Prades et de Ceret.” *Bull. Soc. Geol. France*, núm. 97, tom. XV, pág. 116, 1892.
- 29.—MENGEL (O.).—“Stratigraphie et tectonique de l'illot primaire de La Guardia entre le Segre et la Noguera Pallaresa.” *Comp. Rend. Académie Scienc.*, vol. CLI, pág. 836, 1910.
- 29 bis.—MISCH (P.).—“Der Bau der Mittleren Sudpyrenäen.” *Abh. Gess.*

- Wiss. Göttingen Math. Phys. Kl. 3 F., H. 12, núm. 13, 115 páginas, 6 láms., 51 figs.*—Berlín, 1934.
- 30.—ROGGEVEN (P. M.).—“Geologisch-petrographische ordenzoekingenein het grahietmassief van Lles-Aristot in der oestelijke Spanasche Pyrenäen.” *Geograph. en Geolog. Meddel. Geograph. c. u. h. Minder.*—*Geol. Inst. Usv.*, núm. 2, 119 págs., 1 lám.—Utrecht, 1929.
- 31.—ROUSSEL (J.).—“Tableau stratigraphique des Pyrénées.” *Bull. Sev. Cart. Geol. France*, núm. 97, tom. XV, 1896.
- 32.—ROUSSEL (J.).—“Etude stratigraphique des Pyrénées.”—Lille, 1893.
- 33.—ROUSSEL (J.).—“Nouvelles observations sur les terrains primaires et secondaires des Pyrénées.” *Bull. Soc. Geol. France*, 1893.
- 34.—SAMPELAYO (P. H.).—“El sistema siluriano.” *Expl. Nuev. Map. Geológico Esp.; Mem. Ins. Geol. Min. Esp.*, 2 vols., 848 págs., 38 figuras, 30 láms., 2 map., 1942.
- 35.—SOLÉ (L.) y LLOPIS (N.).—“La terminación septentrional de la Cordillera costera catalana.” *Geol. Med. Occ.*, vol. IV, núm. 1, 87 páginas, 22 figs., 1 map.—Barcelona, 1939.
- 36.—SCHMIDT (H. v.).—“Das Paleozoikum der spanischen Pyrenäen.”—*Abh. Gess. Wiss. Göttingen. Math. Phys. 3 F., H. 5, páginas 981-1.065.*—Berlín, 1931.
- 37.—VIDAL (L. M.).—“Nota paleontológica sobre el silúrico superior del Pirineo Catalán.” *Mem. R. Ac. C. A. Barcelona*, vol. XI, número 19, 1914.
- 38.—VIDAL (L. M.).—“Geología de la provincia de Lérida.” *Bol. Com. del Mapa Geol. Esp.*, tom. II, pág. 1.273, 1875.
- 39.—WATERLOT (G.).—“Description d'un “Scyphocrinus elegans” Zenk. Crinoide du silurien superieur des Pyrénées orientales.” *An. Soc. Geol. d. Nord.*, tom. LVI, págs. 49-62.—Lille, 1931.
- 40.—Memoria explicativa de la Hoja número 216, Bellver, del Mapa Geológico de España 1 : 50.000 (en publicación).

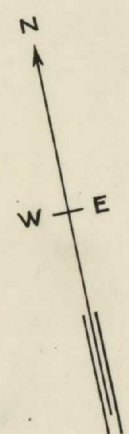
MAPA TECTONICO DEL PALEOZOICO DEL E. DE GERRI

POR
N. LLOPIS LLADO

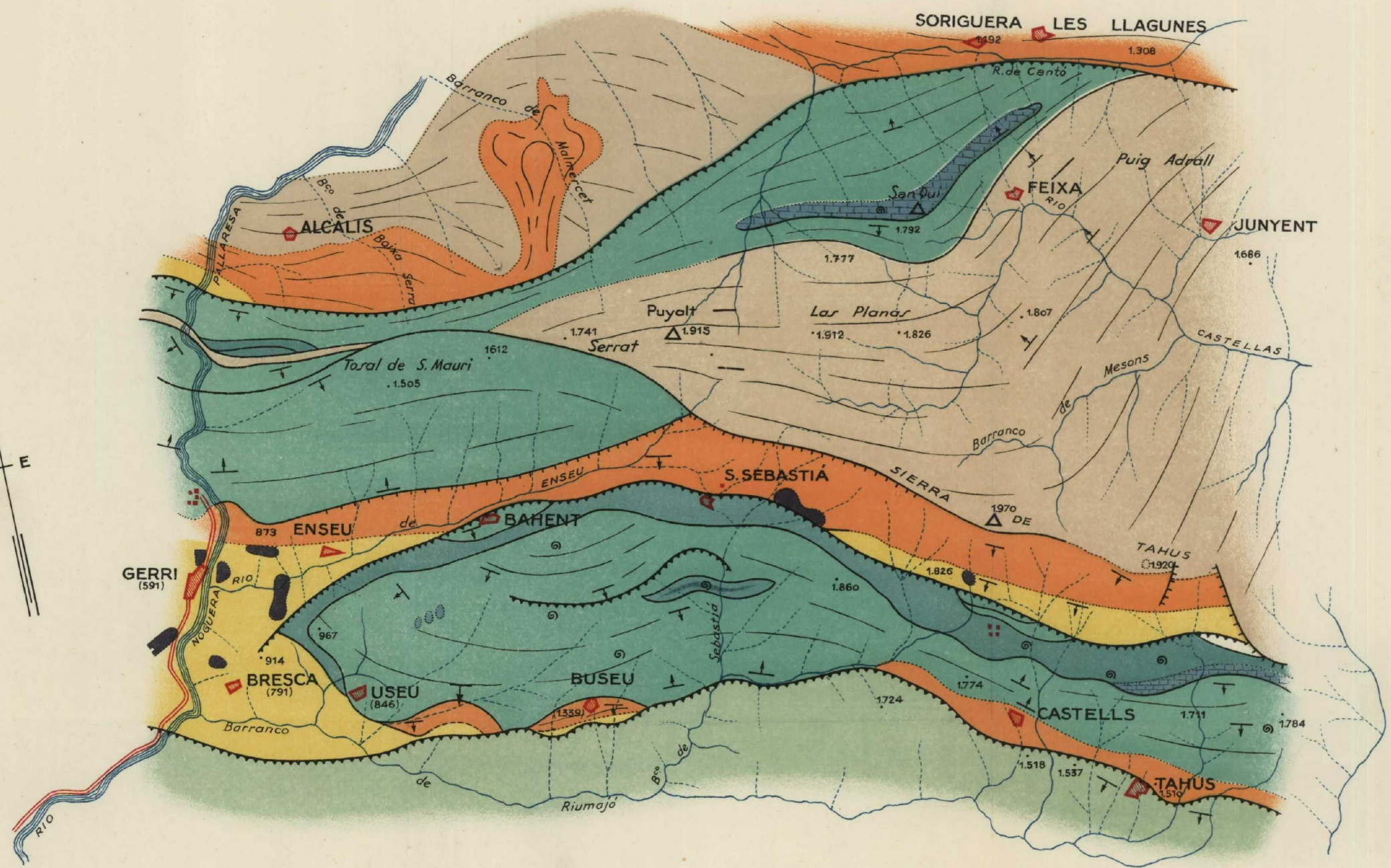


EXPLICACIÓN

- Siluriano...
 - Ordoviense (Pizarras + grauvacas).
 - Gotlandiense (Pizarras grafitosas).
 - Idem (Calizas fétidas).
- Devoniano (Calizas + pizarras + calco esquist.)
- Carbonífero...
 - Culm (Conglomerados + grauvacas + pizarras).
 - Permo-trías.
- Muschelkalk + Keuper + Jurásico + Cretácico...
 - Mesozoico.
 - Rocas básicas.
 - Buzamiento.
 - Cabalgadura.
 - Falla.
 - Contacto normal.
 - Fósiles.
 - Contacto mecánico.
 - Dirección estratos.



ESCALA 1 : 50.000



**NUEVOS NIVELES FOSILIFEROS
EN LAS CERCANIAS DE MALAGA**

POR

L. BARRON y A. H. SAMPELAYO

L. BARRON y A. H. SAMPELAYO

NUEVOS NIVELES FOSILIFEROS EN LAS CERCANIAS DE MALAGA

Durante el pasado mes de marzo, y cumpliendo órdenes del Director del Instituto, efectuamos algunos rápidos recorridos por la zona de Málaga, para comprobar sobre el terreno las interesantes notas que, durante los años 1944-45, había reunido el Maestro nacional D. Melchor Vicente, infatigable aficionado, que ha trabajado, con tanto desinterés como éxito, en el camino de aportar datos para aclarar la difícil estratigrafía de las proximidades de Málaga.

A pocos centenares de metros de la costa de Málaga, y en dirección casi Este-Oeste, se extienden una serie de alturas que dominan las playas cercanas, proporcionando incomparables puntos de vista, desde encima de El Palo, por el Este, hasta las proximidades del pueblo de Campanillas, finca de Trévenes, por el Oeste, desde donde la espina montañosa se dirige más hacia el Norte, perdiendo definitivamente su paralelismo a la costa. Las alturas a que nos referimos comprenden, de Este a Oeste, los cerros de El Palo, Pedregalejo, montes de Doña Sancha, Gibralfaro, La Alcazaba, y después de una interrupción de la vega de Málaga—barrio de la Victoria—, los situados al norte de Churriana, por Trévenes.

Nuestras expediciones se han concretado con detalle a los altos de Pedregalejo y Trévenes; es decir, casi a los extremos Este y Oeste de la zona.

El abundante material recogido, de muestras con fósiles, se

estudia en el Instituto, y aun cuando, por ahora, sea prematuro opinar sobre los resultados que nos suministre la clasificación de los ejemplares, entendemos conveniente adelantar algunas ideas indicadoras del trabajo a realizar y que, al mismo tiempo, nos obliguen, por el compromiso que nuestras afirmaciones puedan representar, a cumplir el deseo de continuar el estudio, apenas iniciado, hasta llegar a conclusiones concretas que fijen, sobre cortes geológicos, los nuevos niveles fosilíferos.

El Sr. Sampelayo (P.) nos ha orientado en la diferenciación de cuatro hiladas, presentidas más que localizadas, en nuestros recorridos con D. Melchor Vicente. Las enumeraremos de inferior a superior, y pueden definirse así:

1.—Caliza gris negruzca, muy compacta, con gran abundancia de *crinoides*, de difícil clasificación por estar muy espazados. Estas calizas contienen también, en menor cantidad, *coralarios* y, más raramente, algunos *foraminiíferos*. El aspecto de la roca es *dinantiense*, aunque, como es natural, expresamos con reserva esta opinión. Todos los ejemplares recogidos de la caliza de crinoides estaban sueltos sobre el terreno o incrustados en la pudinga; pero es tal su abundancia, que suponemos la existencia de asomos calizos que, al demolerse, hayan proporcionado los numerosos cantos rodados que se encuentran en las "ramblas". Puede aceptarse también el supuesto, menos probable, a juicio nuestro, de que sea únicamente la pudinga del nivel 2 la que haya proporcionado, al desintegrarse, los cantos rodados calizos. Es, por tanto, hipotética la existencia de este asomo, mejor que nivel 1, desconocido hasta ahora. Hemos recogido gran cantidad de muestras de calizas con crinoides en el lugar denominado "Trévenes" (finca del mismo nombre), situada a 7 kilómetros al oeste de Málaga por la carretera de Sevilla. En menor cantidad los hemos visto, igualmente, en "El Palo", barrio extremo al este de Málaga.

2.—Pudinga con elementos silíceos y calizas con crinoides.

En Pedregalejo, según expusimos, hemos visto hasta cuatro niveles de este conglomerado, en bancos, de potencia variable entre 6 y 20 metros, prácticamente verticales y arrumbados al Norte-Nordeste. De coloración variable—desde gris muy oscuro hasta colores vinosos bastante vivos—, la pudinga en Pedregalejo no tiene un gran relieve, circunstancia natural, ya que, de apariencia compacta y dura, se desmorona con facilidad por la escasa trabazón que presta a sus elementos el cemento que los empasta.

En la zona de Trévenes, los bancos de pudinga adquieren una consistencia mucho mayor, aumenta la potencia de los bancos hasta cerca de 80 metros, y aun conservando características similares a las de Pedregalejo, en cuanto a los elementos que la constituyen, adquieren fuertes relieves, y sus crestones, bien levantados, son visibles a distancia. Apenas hay diferencia, entre un lugar y otro, en direcciones y buzamientos.

Los elementos que forman este conglomerado son, en su mayor parte, silíceos (cuarzitas, cuarzos, liditas); pero con frecuencia se encuentran también calizas con cantos grandes y muchas de ellas con crinoides. Lo mismo en Pedregalejo que en Trévenes, hemos arrancado de la pudinga cantidad suficiente de calizas con crinoides para convencernos de que esta roca es, indiscutiblemente, un elemento de importancia en la formación del conglomerado.

3.—Pizarras de color vinoso, con plexos grandes y planos de algas *laminarites* y quizá *medusas*. Estas pizarras se presentan en potentes bancos, concordantes en general con las pudingas, en dirección dominante Norte-Nordeste, aun cuando en algunos puntos de Pedregalejo hemos registrado rumbos Norte-Sur con buzamiento Oeste. Es decir, que parecen existir algunas discordancias locales de dirección y buzamiento.

El aspecto de este nivel es permiano o quizá permotriásico.



4.—Psamitas, pizarras arenosas y muy micáceas, con *equisetum* y muchos restos de vegetales *monocotiledóneas* de aspecto más moderno que carbonífero.

Nivel difícil de señalar estratigráficamente hasta no reunir más datos de campo, pero cuya existencia podemos asegurar desde ahora.

Se presentan en potentes bancos de muchos centenares de metros, con las pudingas, y en terrenos secundarios, posiblemente triás, apoyados en discordancia al Nordeste de Pedregalejo.

Este último terreno viene representado por yesos y areniscas, extendiéndose los primeros hacia el Oeste y las areniscas sobre Pedregalejo. El orden estratigráfico parece ser el de descansar los yesos sobre el paleozoico, y las areniscas coronan la serie triásica, que a su vez constituye la base de unas calizas, tal vez jurásicas.

En resumen, creemos encontrarnos ante cuatro niveles fosilíferos no citados hasta la fecha en Málaga y pertenecientes, probablemente, unos al carbonífero y otros al permiano y parte más alta del paleozoico.

Queremos expresar nuestro agradecimiento a D. Melchor Vicente por el entusiasmo y acierto demostrado en su trabajo y por las facilidades que nos ha proporcionado al cedernos noticias y material de verdadero interés.

Madrid, junio de 1945.

ABASTECIMIENTO DE AGUAS DE HUELVA

ESTUDIO DE LAS TURBIAS

POR

I. PRIETO

INGENIERO

I. PRIETO

INGENIERO

ABASTECIMIENTO DE AGUAS DE HUELVA

Estudio de las turbias

PROLOGO

Objeto

Tiene por objeto el presente estudio la investigación de las causas de las turbias y los medios de evitarlas o reducirlas en lo posible.

Necesidad e importancia

El problema es de verdadera importancia y trascendencia; el embalse de Beas no es un depósito de aguas para crear energía, ni tampoco se destinan a vivificar los campos con su riego fecundo, sino que sus aguas, utilizadas en el abastecimiento de una ciudad, deben cuidarse con esmero, mirar y considerar el embalse como una fuente de salud y riqueza, defendiéndolo de toda acción perjudicial, ya sea natural o ya como consecuencia de cualquier actividad humana, consciente o inconsciente.

Consisten estas defensas en aquellos medios que tiendan a evitar el enturbiamiento y la infección de las aguas, produ-

cidos por el arrastre de lodos y materia orgánica, vegetal y animal, que ya aisladas o sumadas, constituyen los principales enemigos de la deseada pureza de las aguas.

Es un problema de importancia capital, porque los elementos en suspensión en el agua, no sólo perjudican su pureza desde el punto de vista físico, inconveniente que puede evitarse con un filtrado eficaz, sino que, debido al tiempo que dichos elementos están en suspensión y, por consiguiente, en contacto íntimo con el líquido elemento, se aumentan las sales en disolución y, por tanto, la dureza de las aguas, y, por otra parte, las bacterias, envueltas en esos elementos en suspensión, quedan a veces protegidas de la acción destructora de los agentes químicos empleados en su destrucción.

Dificultades

Pero si tan importante es el problema, como necesario el abordarlo francamente, procurando lo antes posible su solución, hemos de reconocer, y procuraremos probarlo en el curso de este estudio, las serias dificultades que se presentan, dadas las diferentes causas que influyen en sentido desfavorable a su solución.

Existen medios apropiados para anular o reducir estas causas; pero el grado de desarrollo de las mismas y, por consiguiente, su eficacia, están en relación directa, unas veces, con las disponibilidades económicas que para el objeto pueda destinar el Excelentísimo Ayuntamiento de Huelva; en otras, del alcance que legalmente pueda darse a los nuevos derechos que crea la concesión del embalse para el abastecimiento de la ciudad, que, a juicio del que suscribe, puede establecer limitaciones en los usos y servidumbres de la propiedad privada que le rodea.

El estudio de esta cuestión legal compete a los asesores jurídicos del Excelentísimo Ayuntamiento de Huelva, y es de necesidad, por cuanto en el desarrollo del plan que se ha de exponer, es probable, sea preciso hacer uso de tales derechos.

Partes de que consta el estudio

Tratándose de arrastres de materias existentes en la superficie del terreno, se precisa el conocimiento del mismo en sus aspectos orográfico e hidrográfico, así como su composición geológica, pues de todo ello depende la naturaleza y la intensidad de los elementos en suspensión, y todo ello, unido a un detenido estudio de la acción erosiva de las aguas en las distintas rocas que lo integran y a la influencia del cultivo de la tierra y del pastoreo, nos llevarán al mejor conocimiento del conjunto de las causas productoras de las turbias, sus efectos, lugares en que las primeras son más sensibles y puntos en que vienen concentrados sus efectos, para de este modo, atacarlas con eficacia, con medios adecuados en cada caso.

Para ello, hemos reconocido el terreno de la cuenca de recepción y tomado los puntos interesantes de las líneas límites de los sistemas geológicos que en ella existen; hemos reconocido sus barrancos y observado las corrientes de sus aguas, en plenas lluvias y posteriormente a las mismas, comprobando la influencia de éstas en su enturbiamiento y el grado del mismo, según la clase de terreno de sus cabeceras y márgenes.

Con los hechos observados hemos desarrollado el presente estudio, que consta de una serie de capítulos, que se suceden en el orden que nos ha parecido más lógico, y en los cuales se tratan, con la extensión que hemos creído suficiente, los distintos conocimientos antes apuntados y las soluciones posibles del problema, terminando con la solución práctica que, a nuestro juicio, debe acometerse a la mayor brevedad posible.

CAPITULO I

SITUACIÓN Y LÍMITES DE LA CUENCA DE RECEPCIÓN

En el plano geológico que se acompaña, y formando un polígono cerrado por la proyección de la presa del embalse y trazado con línea roja llena, está delimitada la extensión de terreno que forma la cuenca de recepción del embalse de Beas, destinado al abastecimiento de la ciudad de Huelva.

Pertenece el citado terreno a los términos municipales de Beas, Niebla y Valverde del Camino, siendo el arroyo del Castaño, arteria principal del embalse, la línea divisoria entre los citados términos.

Si recorremos la citada línea partiendo del emplazamiento de la presa del lado de su aliviadero, ésta pasa por la divisoria de los barranquillos próximos que vierten en el Castaño, aguas abajo y aguas arriba de la presa; se orienta hacia las divisorias del mismo con el barranco de la Parrilla, hasta alcanzar la parte culminante de las Cabezas del Labradillo; sigue en dirección aproximada Norte por las cumbres del Labradillo hasta las Cabezas de Navahermosa, desde donde se orienta por las cumbres de los Cucos hasta la carretera de San Juan del Puerto a Cáceres, y sigue aproximadamente por la misma hasta su unión con el camino de Lanchoso. Desde este punto se orienta al Oeste hasta el antiguo camino de Villarrasa, y aproximadamente por el mismo, sigue la línea divisoria por las cumbres del Garduño hasta las cumbres del Majadillo de la Jara, en Las Meleras; sigue por las cumbres de Las Meleras hasta el camino ya citado, y desde este punto se orienta la línea para pasar por los vértices de triangulación denominados Caballón y Valle Juncal, siguiendo la di-

visoria de este paraje hasta el camino del Duende, desde cuyo punto sigue aproximadamente el camino de los Carboneros hasta las proximidades del camino de Navahermosa, en las Cumbres del Cano, y desde este punto se orienta a cerrar el perímetro en la presa del embalse.

CAPITULO II

OROGRAFÍA E HIDROGRAFÍA

Aspecto general

Por el relieve del suelo puede dividirse el de la cuenca que estudiamos en dos zonas: la primera, comprendida entre la presa del embalse y la unión del barranco del Castaño y el de La Lapa, y la segunda, desde este punto hacia el Norte.

Contemplando el panorama de la primera desde un punto que la domine y de modo, que quede oculto el arroyo del Castaño y los múltiples barrancos que en él vierten, el terreno aparece a primera vista, como compuesto de planicies y lomas de escasa importancia, cuya uniformidad en altura ayuda a formar la primera equivocada impresión.

Cuando nos acercamos al citado barranco y afluentes el terreno cambia de aspecto, aumenta su escabrosidad, los barrancos son profundos; las laderas abruptas y los derrubios de las rocas que lo forman prueban la intensa erosión a que están sometidos, así como la fuerte pendiente de sus cauces, su estado torrencial y, como consecuencia, el rápido desagüe de los mismos en el barranco principal.

Los barrancos que recogen las aguas de esta primera zona de la cuenca, están situados a uno y otro lado de la arteria principal con cierta regularidad y simetría, tanto en su im-

portancia, como en las direcciones dominantes, formando el conjunto una red hidrográfica muy regular.

La segunda zona es de relieve más irregular, alcanzando la máxima escabrosidad aguas abajo de la confluencia del barranco de La Lapa con el Brucio, en el paraje denominado Talliscón de La Lapa. A partir del primer punto citado, la cuenca se ensancha notablemente hacia el Nordeste y Noroeste, la red hidrográfica es más ramificada, los niveles van siendo más elevados, hasta alcanzar sus máximos en las divisorias de la cuenca, formando el conjunto a manera de ancho circo, limitado por las cumbres que forman la misma, entre las cuales, y como más importantes, pueden citarse las de Montes Blancos, La Jarosa, El Garduño y Las Meleras, punto éste muy importante por sus abundantes manantiales, donde tiene su origen el barranco del Castaño.

Almagreras

Destacan en el paisaje, por su mayor altura, por sus coloraciones típicas y por su diferente vegetación, y situadas unas veces en las divisorias, otras en cerros aislados, en forma de pequeñas mesetas, las llamadas *almagreras*, que tanto por su uniformidad de constitución, como por ocupar el mismo nivel, no son otra cosa, que testigos de la capa diluvial, que cubrió todo este terreno y que ha sido barrida, en su mayor parte, por la acción erosiva de las aguas.

Tienen gran importancia estas almagreras, desde el punto de vista del estudio que nos ocupa, por cuanto las mismas suministran la mayor parte de los elementos en suspensión en las aguas durante las grandes lluvias, hecho en que insistiremos al tratar de los fenómenos de erosión sobre las mismas.

Entre las citadas almagreras pueden citarse, como más importantes, las denominadas Cabezas del Labradorillo, Cabezas

de Navahermosa, del Rincón, del Huertezuelo, de los Sastres, Hoya de Mora, Las Cabecitas, del Labradorillo y otras del lado oeste de la cuenca, como las almagreras de Valle Juncal, Huerto del Granadino, La Cigüeña, Majadal del Agua Blanca, Las Meleras, del lado Este de la misma cuenca, quedando en la parte central las denominadas Mesa del Piñón, de La Zahurdita y de La Lagunita; estas dos últimas, de menor importancia.

Barrancos

Entre los barrancos más importantes pueden citarse, de los que vierten en la margen derecha del Castaño hasta su unión con La Lapa, los siguientes: barranco de La Raya, de La Mogeia y del Cuervo, Caño de los Machos, de la Almagrera del Labradorillo, La Parrilleja, Pedro López y del Carrizo. Por la margen izquierda, barranco de La Parra, La Lobera, de Malena, del Camino, de los Hornos y de los Marines. A partir de la citada unión hacia el Norte desembocan en el barranco de La Lapa: el del Brucio, Gamonosilla, del Corchuelo y otros, y en el del Castaño, por la margen derecha, el del Piñón, de La Encina, Pie de la Raíz y del Gallego.

Por la margen izquierda, barranco de la Cigüeña, del Asno, del Ciruelo y Las Meleras.

Vamos a dar una idea de aquellos barrancos que tienen más importancia, desde el punto de vista objeto de este estudio, especialmente de aquellos que, por la clase de terrenos que atraviesan, se enlodan sus aguas durante las grandes lluvias.

Barranco de La Almagrera del Labradillo

Nace este barranco en las proximidades de La Almagrera del Labradillo, cuyas aguas recoge; éste es muy torrencial y arrastra gran cantidad de sedimentos de la citada Almagrera, que se presenta muy descarnada y con una profunda barrancada en su parte sur.

La gran inclinación de su cauce es causa de que sus aguas viertan rápidamente en el vaso del pantano, y en plena lluvia pudimos comprobar la gran cantidad de lodos que afluyen al mismo.

Barranco de La Parrilleja

Nace este barranco en las Cabezas de Navahermosa y atraviesa un terreno cubierto de almagreras o de derrubios de las mismas, hasta el paraje nombrado Huerto de Arrayá, y desemboca en el vaso, al norte del cabezo de Los Gurumelos.

En el citado Huerto de Arrayá, el barranco penetra por una escotadura de las pizarras; su red hidrográfica se estrecha; sus laderas son abruptas, especialmente la del norte; su cauce, estrecho y tortuoso, que sólo se ensancha a unos doscientos metros de su desembocadura en el embalse.

Todo el terreno al noroeste de la citada escotadura está sembrado de eucaliptos, pinos, viñas y cereales. Hacia el sur, en sus laderas abundan los jarales, y las cumbres de sus divisorias están sembradas de cereales.

Estas cumbres están cubiertas de una delgada capa de aluvión y restos de almagreras que la erosión no ha barrido, y no se observan sobre la misma escarpes ni esas rugosidades típicas que denoten una intensa erosión actual.

Limita este barranco, en gran parte de su longitud, la finca denominada "El Labradillo", de los baldíos de Beas.

Desemboca en el mismo, como afluente de importancia, el barranco del Chorrillo, abundante en manantiales perennes, entre ellos la cristalina fuente del Chorrillo, aproximadamente de un litro por segundo.

Barranco de Pedro López

Este barranco es el más importante de la primera zona de la cuenca. Nace en las cabezadas de San José, Herrumbroso, Cantarrana y Los Cucos.

La parte superior de su cuenca, en la cual el barranco se ramifica en numerosos y estrechos barranquillos, está cubierta en gran parte por almagreras, que ocupan las cumbres y laderas de las lomas que separan a los mismos.

Aguas abajo de la denominada Hoya de Mora, el barranco entra en las pizarras, y tanto él como los barranquillos que en él vierten son muy torrenciales; su cauce, muy tortuoso y encajonado, dejando de recibir sedimentos de almagreras a partir del barranquillo que recoge los de la última almagrera de Las Cabecitas.

Los barrancos estudiados, presentan sus márgenes muy abruptos, sobre todo la del norte, debido ello al buzamiento en esa dirección de las pizarras y seguir los barrancos una dirección aproximada a la de los estratos pizarreños, resultando por ello, muy distinta la erosión en ambas márgenes. Así, mientras en la del sur sus laderas siguen aproximadamente la inclinación de los estratos y la rotura de éstos se verifica generalmente con deslizamientos de grandes tablones—en unos puntos y en otros están recubiertos por delgada capa vegetal—, en la del norte es más abrupta, las capas se

presentan contrarias a la pendiente de las laderas, que al ser descarnadas rompen en fragmentos irregulares, que cubren en gran parte las mismas.

Esta abundancia de materiales sueltos, y muy especialmente los grandes tablones citados, es muy interesante para nosotros, que proponemos la utilización de los mismos en las defensas que deben construirse contra las turbias.

Barranco de Los Hornos

Nace este barranco en Valle Juncal y desemboca en la margen izquierda del Castaño, al norte del puente del camino de Navahermosa.

Recoge este barranco los sedimentos de las almagreras de Valle Juncal y de algunos residuos de almagreras existentes al norte de las casas de Palmosito y de Los Hornos, aumentándose estos arrastres con las labores agrícolas.

Sigue este barranco las mismas leyes hidrográficas de los ya estudiados; se ramifica su cuenca en su parte superior, siendo más torrencial a medida que se aproxima a su desembocadura, en donde se presenta, con los mismos caracteres de escabrosidad, muy tortuoso y encajonado.

Barranco de La Lapa

Es muy importante por la cantidad de aguas que recoge durante las lluvias. Nace en Puerto Blanco y desemboca en El Castaño, en el molino de Lanchoso.

Recoge las aguas de La Gamonosa, Lomero Llano, parte de La Jarosa, Posterito del Mozo y otros.

También desembocan en el mismo varios barrancos de re-

lativa importancia, entre ellos los denominados El Corchuelo, La Zarza y El Brucio, que es el más importante de ellos, que desemboca en La Lapa; aguas arriba del paraje nombrado, Talliscón de La Lapa, recogiendo las aguas de los terrenos nombrados, El Garduño y partes de La Jarosa, Posterito del Mozo y Mesas del Piñón.

Es de advertir que si bien este barranco principal sólo recoge algunos derramaderos de la almagrera del Piñón, su amplia cuenca está formada en su mayor parte por terrenos cultivados, y ya demostraremos más adelante la influencia de las labores agrícolas en la formación de las turbias.

Las Meleras

Las denominadas Melera Grande y Melera Chica son dos barranquillos que forman el nacimiento del barranco del Castaño, y en cuyos cauces brotan importantísimos manantiales, tanto por su calidad como por la cantidad de aguas que en ellos emergen y que deben pasar de los diez litros por segundo.

Se caracterizan las márgenes de estos barranquillos por estar cubiertas de almagreras y arenas sueltas, que forman una gran capa de aluvión, que en gran extensión se extiende hacia el Este, formando la capa filtrante de una cuenca subterránea que le sirve de substratum y cuyo talweg aflora en el paraje que estudiamos, coincidiendo con los cauces superficiales actuales.

Estas aguas represadas en la proximidad de sus nacimientos constituyen la base de la energía de los antiguos molinos establecidos aguas abajo, en todo el arroyo del Castaño, hasta su unión con el de La Lapa, entre ellos los denominados de La Melera, El Molinillo, El Gallego, La Higuera, La Encina, la Huerta y Lanchoso.

CAPITULO III

GEOLOGÍA

Vamos a dar una idea de la geología del terreno de la cuenca, entrando seguidamente en la clasificación y constitución del terreno que la forma, sin expresar las causas que justifican esta clasificación, las cuales no son objeto de este estudio.

Entran en su formación, y siguiendo la dirección de Sur a Norte, el Carbonífero inferior o Culm, el Siluriano y, cubriendo a éstos en algunos puntos, los aluviones del Diluvial.

Carbonífero inferior o Culm

El terreno de la primera zona citada pertenece, en su mayor parte, al Carbonífero inferior o Culm, quedando recubierto en algunos puntos por el aluvi6n Diluvial.

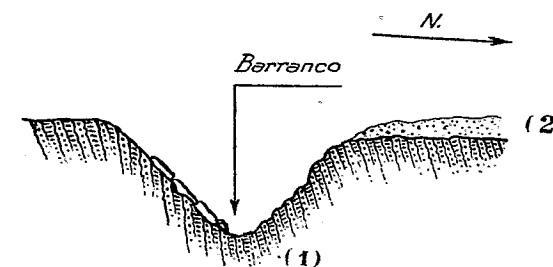
Está constituido el primero por pizarras arcillosas y grauwacas alternantes, muy características de la citada edad, con abundantes venas de cuarzo.

Los estratos tienen buzamiento aproximado al Norte, con inclinación media de unos 60° y dirección aproximada O.-20°-N.

El arroyo del Castaño, en esta primera zona, los atraviesa normalmente, y los barrancos afluentes del mismo siguen aproximadamente la dirección de los estratos, resultando de ello, como queda apuntado, la desigualdad característica en la estructura de sus laderas; así, mientras las del sur presentan sus estratos según los planos de estratificación, y a veces con corrimientos de grandes tablones desprendidos, las laderas del norte se presentan abruptas y descarnadas y sus estratos

muestran las trazas de los citados planos de estratificación y su grado de exfoliación.

A continuación exponemos un corte geológico que da idea de esta disposición:



(1) Pizarras arcillosas. (2) Aluvi6n diluvial.

A medida que nos alejamos hacia el Norte disminuyen los bancos de grauwacas, hasta quedar dominando las pizarras.

No presentan estos estratos indicios de presiones laterales, que suelen producir rugosidades en los planos de estratificación; éstos se presentan lisos y planos en sus roturas y, al parecer, sólo han sufrido la influencia de los movimientos que originaron el levantamiento de los mismos, los cuales se originaron por efecto de empujes en una sola dirección.

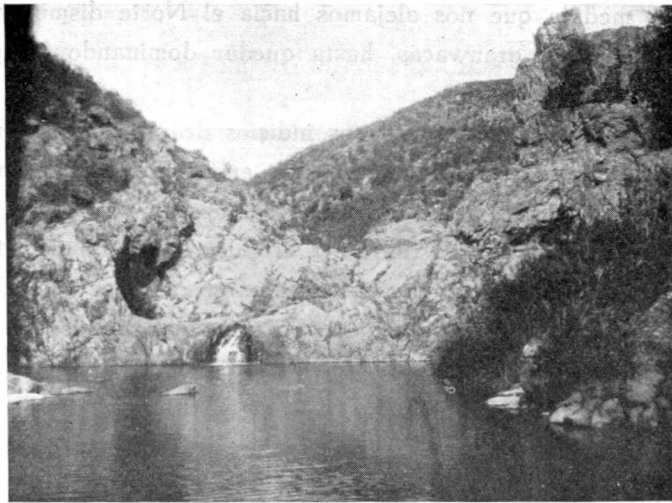
Siluriano

Al pasar el barranco de Los Marines, el aspecto de la roca cambia; las pizarras son más satinadas, presentan efectos de metaforfismo y venas abundantes de cuarzo y tienen el aspecto de las clasificadas como silurianas en la provincia. Este punto de separación también está de acuerdo con el plano del Instituto Geológico de España.

Estos estratos se presentan más trastornados, si bien con direcciones y buzamientos generales iguales a los ya definidos del Carbonífero. Se deben estos trastornos no sólo a los movimientos que produjeron su emersión, sino también a las inyecciones de rocas ígneas, porfiritas diabásicas, que abundan en esta segunda zona.

Se inician los primeros afloramientos de rocas ígneas en las proximidades de la unión de los barrancos de La Lapa y El Brucio.

Aguas abajo existe un gran macizo de estas rocas, en el llamado Talliscón de La Lapa, de cuya escabrosidad y belleza da idea la siguiente fotografía del brusco formado por el citado barranco al atravesar este macizo.



Se observan en los contactos de estos macizos fenómenos de silicatación en las pizarras, hasta transformarlas en cuarcitas.

Estos macizos se presentan formando manchas alargadas, según la dirección de los estratos, y a medida que nos ale-

jamos hacia el Norte se van haciendo más frecuentes, hasta formar grandes extensiones, con predominio sobre las pizarras.

También sobre esta segunda zona, y ocupando unas veces cumbres aisladas y en otras las divisorias de barrancos, se observa el aluvión diluvial ya citado.

Diluvial

Sobre estos terrenos, definidos a grandes rasgos, existen manchones de terreno Diluvial, en discordancia manifiesta, ya que sus capas son horizontales.

Hemos podido observar que recubren los terrenos paleozoicos ya citados, rellenando un relieve preexistente, modelado por una prolongada erosión a través de las edades geológicas, comprendidas entre su emersión (movimientos Hercinianos), verificada al finalizar la época Carbonífera, hasta la época Diluvial.

Está constituido por tres capas: la inferior, de arenas arcillosas ferruginosas, a veces de intenso color rojizo, que reciben el nombre de *almagreras*, sobre la cual reposa otra de aluvión de cantos rodados de cuarzo, que en algunos puntos alcanzan tamaños que pasan de diez centímetros de lado máximo, y sobre ésta, otra de grano más fino y coherente que las dos anteriores.

Esta es la disposición general, aunque en algunos puntos no existe el aluvión grueso, presentando, por consiguiente, esas desigualdades típicas de los aluviones, que denotan las desigualdades en la acumulación de los elementos de arrastre.

Cuando por la configuración del terreno la erosión ejerce su acción destructora, se forman regatas o derramaderos, que dejan al descubierto todas o parte de las capas citadas, y cuando esto no sucede, la superficie se recubre de una capa delgada de arenas lavadas, en unos puntos, y en otros, de

aluvión grueso, que sirven a manera de protección del terreno subyacente, a los efectos de los arrastres y enturbiamiento de las aguas.

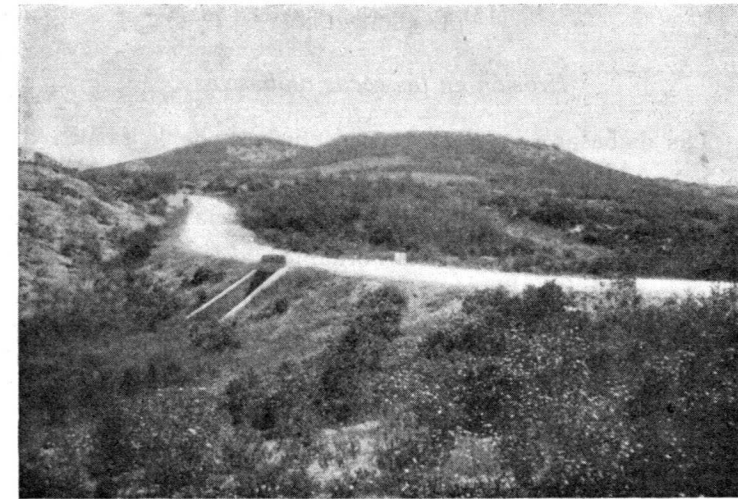
Este terreno está poblado, en parte, de plantaciones de eucaliptos, pinos, viñas y cereales, y existen también extensiones considerables con la vegetación natural de esta clase de terrenos, denominada montes blancos.

Resumen de la formación y estado actual

En el plano geológico que se acompaña puede verse los límites y la extensión de los terrenos estudiados, que está de acuerdo, en su mayor parte, con el plano geológico de la provincia; pero debemos hacer constar, porque es la realidad, y en el caso presente conviene a los fines que se persiguen en el presente estudio, que no existe el manchón diluvial que supone el citado plano al este del barranco de La Lapa, pues sólo existen pequeños testigos del mismo en los parajes Mesas del Piñón, de La Lagunita y de La Zahurdita. Debemos hacer esta observación porque si fuera real tal mancha del Diluvial en esta parte de la cuenca, existirían, dada la configuración actual del terreno, innumerables almagreras, que complicarían extraordinariamente la solución del problema de las turbias.

Resumiendo las vicisitudes geológicas por que han pasado estos terrenos hasta llegar a su estado actual, podemos decir, a grandes rasgos, lo siguiente: depositados los sedimentos silurianos y carboníferos, tuvo lugar la emersión de estos terrenos como consecuencia de los movimientos hercinianos ocurridos al finalizar dicha edad carbonífera. A partir de este gran acontecimiento geológico, estos terrenos estuvieron sometidos a una intensa y larga erosión hasta la edad cuaternaria, durante la cual todo el terreno denudado quedó cu-

bierto por una capa de aluvión, de igual constitución que las citadas, bajo el cual desaparecieron todos los accidentes geográficos producidos por la larga denudación citada, de tal forma, que si mentalmente nos reprodujéramos la superficie del terreno al finalizar los depósitos del Diluvial, veríamos una gran llanura hasta el mar actual, en la cual sólo existirían las ligeras depresiones originadas por los escurrideros que forman las aguas al retirarse, a manera de los que se forman en



LAS MELERAS.—Paso de la carretera de Niebla a Valverde del Camino.

las marismas en las retidas de las mareas, escurrideros que en gran escala, en los movimientos geológicos, sirven de base al establecimiento de las redes hidrográficas.

Seguidamente, la erosión externa inició su trabajo de arrastre en la capa diluvial, hasta llegar a hacerla desaparecer en gran parte, como ocurre en los terrenos que estudiamos, y sigue su acción destructora sobre la misma y los terrenos subyacentes, dando al conjunto el relieve con que en la actualidad lo observamos.

Se trata, por consiguiente, de un terreno en que tanto por su variada constitución geológica como por su relieve, los fenómenos de arrastres tienen verdadera importancia, y sobre ello hemos de insistir al tratar de definir todas las causas que influyen en las turbias.

CAPITULO IV

ACCIÓN EROSIVA DE LAS AGUAS EN LAS ROCAS DE LA CUENCA DE RECEPCIÓN

Erosión en las rocas diabásicas

Las diabasas son rocas ígneas efusivas, de la familia de los gabros, entrando en su composición, como elementos esenciales, un plagioclasa calcosódico y la piroxena augita, y como accesorios suele acompañar la hornablenda, la mica y el cuarzo; en este último caso, cuando la textura es porfídica, recibe el nombre de porfirita diabásica cuarcífera, que es la roca que abunda en la segunda zona de la cuenca.

Estas rocas son de gran dureza y presentan una gran resistencia a la acción destructora de los agentes externos.

Se presentan en la superficie unas veces descarnadas, formando riscales y despeñaderos en las laderas; en otras, recubiertas de una delgada capa vegetal, en su mayor parte producto de alteración de las mismas.

Como entre los elementos que entran en su composición figuran los feldespatos calcosódicos y silicatos ferromagnesianos, el producto de alteración, o sea la tierra vegetal formada, es una arcilla margosa, más o menos impregnada de óxido de hierro, que a veces le da una intensa coloración rojiza.

Aunque los fenómenos de disgregación natural se verifican de una manera que pudiéramos decir inapreciable a los

efectos de los arrastres anuales, hemos de dar una idea del desarrollo de estos fenómenos, para hacer constar la importancia de los elementos coloidales que se forman en estos procesos de alteración, haciendo constar que la tierra vegetal acumulada ha sido producto del mismo proceso de formación.

El agua ejerce su acción química hidratante, atacando las rocas silicatadas. Actúa sobre ellas por medio de sus iones hidroxílicos (OH), descomponiendo los silicatos, pues al ponerse en contacto con ellos tiene lugar una disgregación hidroxílica, como consecuencia de la disociación, en parte, del ácido silícico.

Así, los feldespatos se disocian en ácido *silícico coloidal* y en hidróxidos sódico, potásico o cálcico, según los casos.

Estos hidróxidos, bajo la influencia del anhídrido carbónico de la atmósfera, en disolución en las aguas meteóricas, se transforman, en parte, en carbonatos, solubles los primeros e insoluble el tercero, quedando el exceso de álcalis y carbonatos insolubles formando parte de los productos de alteración.

También los silicatos de alúmina sufren una hidrólisis, dando origen a las *arcillas coloidales* y ácido silícico. Un proceso análogo siguen los silicatos ferromagnesianos, y el producto final de todas estas alteraciones es un silicato de alúmina de la fórmula $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$; esto es, una arcilla. Luego, en definitiva, la tierra vegetal formada estará integrada en su mayor parte por arcillas, restos de feldespatos, micas y parte de álcalis, carbonatos alcalinos y térreos, óxido de hierro y arenas procedentes del cuarzo de la roca ígnea, abundando en su composición tanto los *elementos coloidales silíceos como los arcillosos*.

Todos estos elementos coloidales ejercen una gran influencia en las turbias, pues su estado físico les permite quedar en suspensión en las aguas durante tiempo considerable, siendo

difícil la eliminación por filtración, y por ello, el Ingeniero que suscribe cree necesario desbastar las aguas antes de su entrada en el embalse, por causas muy razonables expuestas en el prólogo y porque al descender los elementos en suspensión más groseros, por efecto de decantación, en los remansos que se forman en los filtros desbastadores, que hemos de proponer, por acción física producen una eliminación muy importante de los citados elementos coloidales.

Transformada la roca resistente en un agregado de materias deleznales, las aguas de lluvias pueden ejercer su acción de arrastres sobre las mismas.

Son más sensibles estos efectos de arrastres en las fuertes pendientes; durante las grandes lluvias descenden las aguas por las laderas abruptas de un modo impetuoso y arrollador, arrastrando hasta los elementos gruesos; al llegar a los cauces se van depositando, por disminuir la velocidad de las aguas, y si éstas recorren longitudes importantes de cauces, los elementos en suspensión van disminuyendo; los remansos naturales de los lechos y los choques producidos en todos los obstáculos propios de los mismos, dan origen a sedimentaciones, que influyen notablemente en el mejoramiento de las aguas; así, en los de abundante y apretada vegetación puede decirse que sus aguas, si no filtradas, salen al menos desbastadas de la gran carga de elementos en suspensión.

Erosión en las pizarras

Esta roca sedimentaria es producto de alteración, arrastre y sedimentación en el fondo de los mares de la época geológica a que pertenece, de otras rocas, generalmente ígneas, preexistentes. Su composición es la de una arcilla común, con pequeña proporción de álcalis y silicatos regenerados, probablemente por acciones metamórficas.

Si se observa la misma al microscopio, se aprecian hojuelas de mica y elementos silíceos, y entre ellos el cuarzo libre.

Aunque su dureza es reducida, su desagregación se verifica lentamente, necesitando cierta preparación química de descomposición de elementos inalterados o regenerados, o sea ciertos fenómenos de caolinización, semejantes a los ya descritos para las rocas ígneas.

El producto de alteración de las mismas es una arcilla que, *in situ*, suele estar cargada de granos de cuarzo, procedentes de las venas de cuarzo que rellenan sus grietas, y pequeños fragmentos de pizarras, dando origen a una tierra vegetal de tonos claros, por la poca abundancia de óxidos de hierro.

Se manifiestan estas rocas en la superficie del terreno, unas veces descarnadas, mostrando su verdadera estructura; en otras, recubiertas por la delgada capa vegetal. En las laderas fuertemente inclinadas, los fenómenos de arrastres son muy intensos, habiendo comprobado, en plena lluvia, el enturbiamiento de las aguas procedentes de estos terrenos.

Erosión de las almagreras

Estando situadas las mismas en las cumbres de los cerros y constituidas en su parte inferior por arenas poco coherentes, arcillosas y muy ferruginosas y, por consiguiente, de fácil ataque por las aguas, no es extraño se verifique en ellas una rápida erosión.

Se observan en ellas esos relieves típicos producidos por la erosión en las areniscas deleznales, esas formas de aspecto rugoso y careado, que denotan la falta de homogeneidad en la resistencia de la roca, debida, indudablemente, a la desigual distribución de los óxidos de hierro, que aumentan su coherencia.

A continuación, exponemos una fotografía de la almagrera del Montón de Trigo, en Las Cabecitas.



La rapidez de erosión depende de su situación y de la configuración del terreno que la rodea. Cuando por estas circunstancias se inician torrenteras, el arrastre es más intenso; así hemos podido comprobar, en plena lluvia, circular por sus barrancos aguas verdaderamente enlodadas y muy coloreadas por los óxidos de hierro.

A continuación, exponemos una fotografía de la almagrera de El Labradillo, con los caracteres antes expuestos:



Existen otras almagreras, las cuales, por la configuración del terreno, no se manifiestan descarnadas, y en este caso suelen estar recubiertas de arenas lavadas y cantos rodados de cuarzo, que le sirven de protección, evitando la formación de aguas enlodadas. Sin embargo, en aquellas en que las labores agrícolas han removido el terreno, las aguas se cargan de lodos, y llegan a ser estas almagreras las más perjudiciales a estos efectos.

A continuación exponemos una vista de la almagrera de El Piñón, tomada desde la casa del Cercadillo, notable por la gran erosión que en ella se advierte:



Observaciones al microscopio

Si se observa al microscopio los elementos de estas rocas, puede comprobarse la abundancia de granos de cuarzo, al parecer impregnados por el óxido de hierro; pero lavados repetidas veces se observa que el cuarzo es hialino y que sólo hay adherencia superficial de la parte arcillosa, fuertemente impregnada de los óxidos de hierro. Estos elementos más tenuous que, juntamente con los óxidos de hierro, se ad-

hieren a las partículas de cuarzo, lo hacen de forma tal. que parece como que se agrupan por todo el contorno de los granos de cuarzo, con esa plasticidad característica de las sustancias coloides, a cuyo estado creemos debida esa propiedad de adherencia.

Observaciones sobre sedimentación

Si se diluye en agua un trozo de esta roca, puede verse claramente la influencia del movimiento en la cantidad de elementos en suspensión; pero si cesa el mismo, aun quedan en suspensión una buena cantidad de los elementos más tenues, indudablemente sílice y arcillas coloidales, en su mayor parte, y sólo después de un reposo absoluto durante muchas horas llega a clarificar, quedando el agua con ligero tono rojizo debido al óxido de hierro.

Para hacer caer o sedimentar rápidamente estos elementos en suspensión se precisa recurrir a procedimientos químicos, pudiendo utilizarse con éxito el sulfato de alúmina y el alumbre comercial, que es un sulfato de alúmina y potasa. Se produce con este tratamiento un precipitado que arrastran los elementos arcillosos y la sílice coloidales en suspensión. Según experiencias de Arago y J. T. Fanning, una parte de disolución de alumbre puede aclarar 50.000 partes de agua.

Se verifica este fenómeno de sedimentación en unas dos horas, y el precipitado es en forma de copos de tonos rojizos y poco densos, que se adhieren en parte a las paredes de los recipientes.

Análisis

A continuación exponemos una copia del análisis practicado por el Dr. Cordero Bel de una muestra de almagrera procedente de la citada del Gabatón del Agua Blanca:

SiO ²	61,80	por 100.
Fe ² O ³	9,35	—
Al ² O ³	17,75	—
CaO	0,16	—
CO ³ Mg	0,38	—
CMg	0,72	—
ClNa	0,04	—
M. orgánica.....	0,40	—
H ² O	6,18	—
Na ² O, K ² O.....	1,22	—

Donde puede apreciarse la importancia de la sílice, alúmina y óxido de hierro.

CAPITULO V

DE LAS TURBIAS Y MEDIOS DE EVITARLAS

Definición de turbias en general

En toda clase de terrenos, sean estos arcillosos, arenosos y en general deleznable, ya sean rocosos y resistentes a los fenómenos erosivos, en las grandes lluvias, por efecto de la acción erosiva de las mismas, se producen arrastres que enturbian las aguas corrientes y que de momento las ponen en condiciones de impotabilidad.

Medios de evitarlas

Obliga este fenómeno natural a disponer, en los embalses de abastecimiento de poblaciones, de medios apropiados para evitarlas, consistentes en construcciones especiales de desvia-

ciones o de retenciones de las aguas, mientras se verifican los citados fenómenos, que constituyen, a veces, obras importantísimas de ingeniería.

Puede citarse, como modelos de este conjunto de obras, las practicadas en el Canal de Isabel II, que consiste en el doble embalse de las presas de El Villar, Puentes Viejas y la auxiliar intermedia de El Tenebroso, destinada la de Puentes Viejas para retener las turbias, y pasando las que salen por su aliviadero a la del Tenebroso, y desde ésta, por el canal de evacuación de avenidas y turbias, capaz para 120 metros cúbicos por segundo, son conducidas aguas abajo de la presa de El Villar. Este canal de evacuación tiene una longitud de más de cinco kilómetros, de los cuales tres son de túneles, el mayor de ellos de unos 2.200 metros. Con estos elementos y los canales de comunicación convenientes, resulta siempre clara la del embalse de El Villar, que es el más bajo, protegido a su vez por canales laterales que desaguan aguas abajo de la presa, de donde arranca el canal para el abastecimiento de la capital de España.

Este conjunto de obras costó unos veinte millones de pesetas, y el coste total de las instalaciones y obras ejecutadas en el Canal de Isabel II hasta el año 1928 fué de unos 129 millones de pesetas.

Definición de las turbias en el caso especial que estudiamos, y causas

No se trata, en el caso especial que estudiamos, de esas turbias propias de terrenos rocosos, que dan a las aguas ese color opalino característico; resulta, como hecho reconocido por la experiencia, comprobado en plena lluvia por el que suscribe y explicado su origen en el presente estudio, que du-

rante las grandes lluvias llegan al embalse de Beas aguas que, más que turbias, podemos llamar enlodadas.

Las causas son las siguientes:

1.^a Almagreras descarnadas por la erosión, situadas en las cumbres de los cerros o en derramaderos de mesetas.

2.^a Acción de las aguas sobre la capa vegetal que incompletamente recubre el terreno restante de la cuenca.

La principal causa es la primera, aumentándose los efectos en ambas por la acción de las labores agrícolas y por el pastoreo.

Turbias anuales

Son tantas las turbias, aunque de diferente intensidad, como avenidas ocurran en el año; pero por todo lo expuesto, se deduce que la primera turbia anual, esto es, la que corresponde a las primeras aguas, es la más peligrosa.

Las tierras removidas por las labores agrícolas; la sequedad de las mismas, que al recibir las aguas la absorben por efecto de imbibición y se disgregan; el estado pulverulento de la superficie, por efecto del pastoreo; todo contribuye para producir el máximo de arrastres de tierras y, por consiguiente, el enlodamiento de las aguas.

Se une a estos fenómenos la menor cantidad de aguas embalsadas, que llega a la mínima anual, uniéndose ambas causas para producir el mayor efecto de enturbiamiento.

Velocidad de propagación de las turbias dentro del embalse

Según referencias, en las primeras aguas tarda en llegar la turbia desde la cola, situada a unos cuatro kilómetros, a la presa de siete a ocho días.

Hay que tener presente que el agua no alcanzaba al aliviadero y, por consiguiente, la velocidad tendería a disminuir por el obstáculo que le opondría la masa del embalse, pues la que salía para Huelva era una cantidad poco apreciable, en relación con la masa total.

Efecto de las labores agrícolas en el terreno

El cultivo del terreno favorece la desagregación de las rocas que lo forman, y, por consiguiente, el aumento de la tierra vegetal, al mismo tiempo, pone la superficie del terreno más esponjosa y tierna, motivando ello su fácil arrastre por las aguas, no sólo porque éstas, en las fuertes lluvias, por efecto mecánico, las arrastran, sino también por quedar en suspensión una parte considerable de los productos más tenues, efecto del estado de porosidad antes expuesto, aparte de la acción disolvente de las aguas, por su mayor contacto con los elementos solubles.

De modo que el agua pierde en calidad, de una parte, porque se enturbia, y de otra, no menos importante, porque aumentan los elementos en disolución y, por consiguiente, su dureza.

Todos estos efectos son más sensibles cuando se emplea el sistema de cultivo denominado de *rozas*, que consiste en arrancar o cortar el monte bajo, que se deja sobre el terreno para después someterlo a la acción del fuego en los meses de agosto y septiembre, y cuyas cenizas aumentan extraordinariamente los elementos fertilizantes de las tierras. Con ello se produce una calcinación superficial del terreno que contribuye a su pulverización, favoreciendo los arrastres y también los elementos en disolución por las sales solubles contenidas en las cenizas.

Terrenos incultos

La vegetación natural retiene con sus raíces la tierra vegetal. Se verifican en la superficie de estos terrenos incultos ciertos fenómenos de origen tobáceo que tienden a hacerla más compacta, a darle cierta dureza, que impide su arrastre por las aguas. La superficie se alisa y disminuyen los obstáculos al paso de las aguas y, por consiguiente, los arrastres.

Estos efectos favorables aumentan si la tierra se cubre de vegetación herbácea; así hemos visto algunas cabeceras de barrancos incultos, en las cuales una espesa vegetación musgosa produce con sus apretados tallos y hojas el efecto de filtros naturales para cortas cantidades de agua.

Pastoreo

Produce un efecto muy perjudicial, sobre todo en las proximidades del embalse. Contribuye el paso continuado de ganado a la pulverización de las tierras, muy especialmente en las cultivadas, y, por consiguiente, prepara las mismas para que aumenten sus arrastres, sobre todo en las primeras aguas.

No menos perjudicial es el efecto que produce en las contaminaciones; los excrementos del ganado, removidos y arrastrados por las aguas, contaminan a éstas con bacilos procedentes de animales enfermos, entre ellos los productores de fiebres intestinales, que producen epidemias muy graves y que obligan a depuraciones químicas de todos conocidas. Por ello es frecuente que aumenten las contaminaciones en los periodos de avenidas.

Resumen

Por cuanto llevamos expuesto se deduce que los efectos de enturbiamientos de las aguas de lluvias torrenciales son corrientes en toda clase de terrenos; pero si se trata de terrenos de almagreras, como hemos podido comprobar prácticamente sobre el terreno, más que turbias podemos decir que son aguas enlodadas, y estas aguas son las causantes de la intensidad y duración de las turbias en el embalse de Beas, contribuyendo a aumentar estos efectos todas las circunstancias antes expuestas, y que se deben tener presentes si se persigue la solución del problema de las turbias, y así creemos debe pretenderse, aunque para ello haya necesidad de atacarlo por partes, empezando por la eliminación de las causas principales.

CAPITULO VI

MODO DE EVITAR LAS TURBIAS.—SOLUCIONES

Estudiando el origen de las turbias, las causas de las mismas y las circunstancias especiales de lugar y tiempo, que tienden a aumentar o aminorar sus efectos, vemos en definitiva que se trata de un fenómeno complejo, que se verifica con la intensidad y eficacia de los fenómenos naturales, en este caso las lluvias, de gran importancia por la extensión del terreno en que se producen y los importantes elementos, tanto naturales como artificiales, que concurren en su desarrollo; se precisa, para atacar las mismas, buscar medios eficaces y económicos, que en cada caso anulen o contrarresten el efecto perjudicial.

Los medios que pueden utilizarse pueden clasificarse, en

líneas generales, en dos clases: medios completos y medios incompletos; esto es, medios que eliminan las turbias por completo y medios que las reducen en su mayor parte. Es indudable que serian preferibles los primeros, pero el factor económico los hace irrealizables, en el caso que estudiamos, por su elevado presupuesto.

Medios completos

Primera solución.—Consistiría ésta en la construcción de una presa de retención y desviación de las turbias por medio de un canal de desviación.

Esta presa tendría que ser de importancia; su altura no bajaría de unos quince metros, pues debemos tener presente que la principal alimentación de la presa es el agua de lluvia; de modo que no podemos prescindir en absoluto de las avenidas. Se precisa que esta presa sea a su vez depósito reposador, para, una vez que las aguas se aclaren en ella, poderlas pasar al embalse principal. La situación de esta presa sería aguas abajo del barranco de La Parrilla.

Para darnos idea del coste de esta obra, basta tener presente que, según los cálculos que hemos hecho, admitiendo una longitud de presa de unos 50 metros, reducida como término medio a la altura de 15 metros, resulta un volumen de obra de 3.832 metros cúbicos, que supuestos de mampostería ordinaria con mortero hidráulico, a 42 pesetas, término medio, el metro cúbico, arroja una cifra de más de 160.000 pesetas. Hay que añadir a esta cifra, entre otras, las referentes a la apertura de cimientos, el careo de paramentos, mecanismos de compuertas, daños y perjuicios, etc., que sumaría otra importante cantidad, que sumada a la anterior no dejaría de pasar de las 200.000 pesetas.

A esta obra hay que añadir el canal de evacuación, que había de calcularse muy por exceso, ya que tendría que atravesar un terreno muy abrupto, con algunas obras importantes en los barrancos que atravesare, y que la configuración del terreno exigirá túneles de importancia, dando un conjunto de obras costosísimas, que excedería en mucho a la cifra antes citada.

Segunda solución.—Construcción de un depósito de aguas claras, suficientes para diez días de consumo medio, teniendo muy presente el factor evaporación, que pasa de un metro de altura de agua al año.

Para que fuera menos costosa esta solución debería buscarse un punto, aguas abajo, próximo a la presa de embalse, para que mediante tubería derivada de la forzada de salida pudiera llenarse por la propia presión de la misma y que la evacuación de este depósito estuviera por encima de la conducción general, para que pudiera, mediante un sistema de llaves apropiadas y su almenara correspondiente, ser utilizada en el abastecimiento mientras durasen las turbias.

Esto requiere un detenido estudio de algunos barranquillos aguas abajo de la presa, del lado de la conducción; levantar planos detallados, con curvas de nivel; practicar nivelaciones cuidadosas y calcular la presa para la capacidad deseada.

Medios incompletos

Estos medios, que pudiéramos llamar mixtos por cuanto se emplean en su solución, en parte, el sistema de desviación y el de retención y filtración, son más económicos y prácticos, permitiendo una mayor elasticidad en su desarrollo, porque se puede ir resolviendo por partes, empezando por aquellas que, según se desprende del capítulo V, sean de mayor urgencia y, siguiendo las normas que hemos de proponer, llegar al saneamiento de todas las aguas que afluyen al embalse.

Debemos hacer constar, y quisiéramos llegar a la persuasión de cuantos sienten verdadero cariño por este problema, que cualquiera que sea la solución que se adopte no deben dejarse de practicar, en todo o en parte, las defensas que hemos de proponer contra esos torrentes de lodos que afluyen al embalse y que tanto perjudican la potabilidad de las aguas, química y bacteriológicamente consideradas, y que, por tanto, deben ejecutarse esas defensas, aunque se monte una estación moderna de filtraje, que no daría resultado satisfactorio si llegan a la misma las aguas cargadas de lodos, a menos de establecer grandes balsas de decantación, que encarecen extraordinariamente estas instalaciones.

Expuestas estas consideraciones, entramos en la exposición del sistema mixto que proponemos, y puesto que son las almagreras los elementos que más influyen en el enturbiamiento de las aguas, empezaremos con los medios de evitar sus efectos, empezando por lo que llamaremos corrección de almagreras.

CORRECCIÓN DE ALMAGRERAS

Casos de desviación

La situación de las almagreras dentro de la cuenca de recepción y su orografía impiden la desviación de las aguas de la mayor parte de las mismas, a menos de practicar regatas y galerías de desviación, que por lo excesivamente costosas hay que desechar.

Solamente puede practicarse este sistema en las almagreras laterales, que por su mayor elevación en el terreno y formar parte de la divisoria de la cuenca permitan, mediante regatas de pequeño coste, lanzar las aguas por collados próximos de la misma a la cuenca limítrofe.

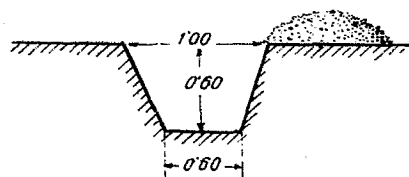
Almagreras de Valle Juncal

Se encuentran en este caso las primeras almagreras de Valle Juncal, donde previa una ligera nivelación puede construirse una regata que recoja las aguas de importantes almagreras, y con una longitud de regata de unos 400 metros se desviaría durante las lluvias una cantidad importante de aguas turbias procedentes de estas almagreras. El coste por metro lineal de regata no excedería de unas dos pesetas.

Almagreras de las Cabezas del Labradillo.

Otras almagreras que pueden desviarse son las de las Cabezas del Labradillo; para ello se recogerán sus aguas en una regata, que las hará verter por el lado sur de las mismas, atravesando la divisoria, al nacimiento de un barranquillo próximo, afluente del barranco de La Parrilla.

La longitud de esta regata no excedería de unos 300 metros, al mismo precio que el anterior, que corresponde a las dimensiones siguientes:



Estas dimensiones corresponden a un metro cúbico de excavación por dos metros lineales de regata, aproximadamente.

Casos en que no puede practicarse el sistema de desviación

En los casos en que no pueda practicarse el sistema anterior, proponemos la desbastación de las aguas por medio de filtros desbastadores rústicos.

Filtros desbastadores rústicos

El objeto de los mismos es desbastar las aguas, eliminando de ellas la mayor cantidad de lodos en suspensión, cuya construcción, funcionamiento, etc., explicaremos a continuación.

Dimensiones y situación

Es claro que las dimensiones de los citados filtros estarán en relación con la cantidad de agua a tratar, y su situación en las almagreras aisladas será próxima a las mismas en el barranquillo que recoja sus aguas. Cuando se trate de un conjunto de almagreras ocupando una extensión importante de terreno, la situación del filtro será en el barranco en que vengan sumadas las aguas de las mismas.

Para lo primero se precisa conocer su cuenca de recepción, estudiar el coeficiente de escorrentía, y teniendo presente ambos elementos, se calculará, para una lluvia torrencial, el caudal por segundo, que determinará la superficie de filtro, a la cual se dará un buen coeficiente de seguridad.

Se dotará a los mismos de medios de evacuación para casos de avenidas extraordinarias, que no son frecuentes y además suelen ser de corta duración.

Partes de que constan y condiciones que deben satisfacer

Supondremos primero el caso de almagrera aislada de corta extensión y, por consiguiente, de corta cantidad de aguas. Se trata, por consiguiente, del caso de filtro más rudimentario, pero el fundamento del mismo es igual a otros de mayor importancia que hemos de proponer, los cuales sólo se diferenciarán por sus dimensiones y perfeccionamiento de algunas de sus partes.

Constarán de dos partes esenciales: una servirá de presa de retención de toda la obra, y la otra, de verdadero filtro.

Se construirá la primera con tablonces de pizarras, muy abundantes en el terreno y de fácil extracción, y se colocarán trabados alternativamente y a tizón, procurando la mayor estabilidad y resistencia posible, formando la clase de obra denominada pedraplén. Se le darán dimensiones apropiadas en cada caso.

Se dejarán abundantes mechinales en toda la parte baja de la presa, por donde evacuarán las aguas filtradas.

Para preservar la parte inferior o asiento del muro de la erosión de las aguas se arrancará la misma de una solera de tablonces de pizarras apoyado sobre la roca virgen y procurando la forma escalonada, que aumenta la solidez de la obra, así como su unión al terreno. Esta solera será de mayor anchura que el muro, para que rebasando del mismo aguas abajo evite en lo posible socavaciones próximas.

La segunda parte, o sea el filtro propiamente dicho, se construirá, en su parte inferior, de modo análogo: de pedraplén de forma filtrante, dejando abundantes caños o mechinales en dirección a los del muro de la presa.

Sobre la última tongada se formará una de cantos rodados de cuarzo, de cinco a diez centímetros de lado, con un espesor total de unos 40 centímetros.

Sobre la última capa de cantos rodados se formará otra de gravilla de siete a diez milímetros, del mismo espesor de 40 centímetros, y este conjunto del filtro estará trabado entre la presa, por un lado, y en el lado opuesto, por un muro de análoga construcción, abrigado con tierras aguas arriba, que sirva para represar las aguas antes de entrar en el verdadero filtro. La altura de este segundo muro será la de la capa de gravilla.

Al objeto de que las aguas entren en el filtro sin producir arrastres, la superficie del mismo será ascendente, con una pendiente de 1/2 por 100; de este modo, las aguas disminuirán notablemente de velocidad, de una parte, por la razón antes expuesta, y de otra, por aumentar la superficie mojada.

También se defenderá el filtro de aterramientos laterales por medio de zanjas que lleven las aguas de las márgenes a la cola del mismo.

Por la capa filtrante de este filtro pueden pasar unos cien metros cúbicos por metro cuadrado y día, y para mayor seguridad se admitirá un litro por metro cuadrado y segundo.

Se dejará un aliviadero en terreno virgen, para que, en caso de una avenida extraordinaria, se desvíen las aguas y no viertan por encima del muro de la presa, para evitar averías.

La figura que se acompaña representa el croquis de una sección longitudinal del filtro que acabamos de describir.

Modo de funcionar el filtro

Al llegar las aguas de la avenida al filtro se represan primeramente, por el obstáculo que él mismo opone a su movimiento, originándose con ello un principio de sedimentación de los elementos en suspensión. Seguidamente, las aguas en-

tran formando una lámina sobre la capa filtrante, hasta quedar equilibrada el agua entrante con la que pasa a través del filtro. Si las aguas llegan a cubrir el filtro y llegaran al nivel del aliviadero, será el momento del rendimiento máximo, por estar funcionando toda la superficie del filtro y ser mayor la presión sobre él. Si la avenida fuera extraordinaria y no pudiera vencerla el filtro, se desviarán por el aliviadero durante el corto espacio de tiempo que suelen durar las mismas.

Entretimiento de estos filtros

Como en cada avenida se recubrirá la superficie filtrante de una costra de lodos, que disminuye notablemente su poder de filtración, se precisa revisar los mismos después de cada avenida, y en aquellos que haya funcionado toda su superficie y esté cubierta de la capa de limo se rastreará la misma, si es de poca importancia, para que siga funcionando, o se retirará el limo por medio de rodo si es tal la cantidad que impida su buen funcionamiento. El producto retirado será lanzado a cualquier punto del terreno, donde hay muchos apropiados, en que por su disposición especial o por la vegetación existente los arrastres son inapreciables.

Los filtros que se construyan para las aguas de almazaras aisladas o de barrancos de poca importancia, en los cuales las aguas sólo circulen mientras duran los aguaceros, son muy fáciles de cuidar, y la práctica hará ver que basta la simple inspección de un encargado, que los recorra y de paso arregle ligeras averías que puedan existir en los mismos para que su efecto sea eficaz.

Cuando se trate de barrancos de importancia, en los cuales las aguas circulen durante los meses de invierno, como ocurre con el barranco de La Parrilleja, los filtros requieren

una mayor atención, y habrá que recorrerlos al terminar cada avenida y reparar, si fuera preciso, ligeras averías en la capa superficial del mismo, quitándole la capa de limo en la parte que sea accesible o rastreándola, como queda dicho. En el verano, la limpieza será más general, y se repondrá en la superficie de los filtros la gravilla perdida en las limpiezas de los mismos.

APLICACIONES

Para estudiar las dimensiones de los filtros se precisa determinar el caudal de aguas que circula por los barrancos durante los grandes períodos de lluvias.

El caudal de aguas pluviales es muy difícil determinarlo, porque no llueve con regularidad ni en el tiempo ni en la intensidad; además, el agua que cae no corre toda por el terreno, sino que una parte se evapora para volver a la atmósfera, otra se pierde por filtración y el resto corre por la superficie del terreno.

Necesitamos conocer, por consiguiente, el coeficiente de escorrentía, que viene dado por la fórmula:

$$" = \frac{\text{Agua que corre}}{\text{Agua que cae}}$$

Este coeficiente depende de variadas circunstancias, siendo las más importantes el clima, la intensidad de la lluvia y la naturaleza del terreno en que aquélla cae, oscilando generalmente entre 0,10 y 0,85.

En nuestro caso, teniendo en cuenta la naturaleza del terreno y el estar en su mayor parte cultivadas las cabeceras de sus barrancos, podemos admitir como coeficiente de escorrentía 0,20.

Todavía hay que tener en cuenta otra consideración: toda

el agua que cae en una cuenca no llega simultáneamente al barranco; por consiguiente, hay que tener en cuenta el retraso con que el agua llega a un punto determinado del cauce, punto que en este caso particular será el de situación del filtro. Este coeficiente, que es muy variable, depende principalmente de la longitud del recorrido y de la pendiente del terreno en general, y viene dado por la fórmula:

$$\beta = S^{-\frac{1}{n}}$$

En la cual S es la superficie de la cuenca en hectáreas y n un número variable de 4 a 6, según que la pendiente sea pequeña o fuerte. En nuestro caso, por las razones expuestas en nuestro capítulo "Hidrografía", admitiremos para n el valor 6, con lo que resulta:

$$\beta = S^{-0,167}$$

Réstanos últimamente determinar la intensidad de las lluvias.

Teniendo presente que los datos que hemos podido obtener sólo nos suministran la cantidad de agua caída durante todo el día, pero no sabemos en qué lapso de tiempo tuvo lugar la caída de la misma, en vista de ello admitimos los datos contenidos en unos cuadros, cuyos resultados han sido obtenidos por experiencias, y en los que se consigna para cada duración de lluvias una intensidad media, cuyo cuadro exponemos a continuación:

Duración de la lluvia en minutos	Intensidad de la lluvia en litros por segundo y hectárea
10	85
20	68
30	54
40	48

El caudal total que circula por un barranco vendrá dado por la fórmula:

$$Q = q \times a \times \beta \cdot S$$

En la cual q es el caudal de lluvia por segundo y hectárea; a y β , los coeficientes antes definidos, y S , la superficie de la cuenca del barranco en hectáreas.

Pasemos a aplicar estos cálculos a los casos particulares objeto de nuestro estudio.

Para ello vamos a fijar primeramente la intensidad de lluvias, en litros por segundo y hectárea, que nos va a servir de base para nuestros cálculos. Teniendo presente que la intensidad de lluvia de 85 litros por segundo es lluvia excepcional, pues es equivalente aproximadamente a la caída en las minas de Tharsis y registradas en su pluviómetro un día del corriente año, lluvia que, según los antiguos de la localidad, nunca se ha conocido, creemos prudente tomar la media aritmética de las cuatro lluvias consignadas en el cuadro, cuya media es de unos 63 litros por segundo y hectárea, cantidad extraordinaria, que representa, por exceso, unos 23 milímetros de altura por hora.

CÁLCULOS DE LOS FILTROS

Filtro en la almagrera del Labradillo

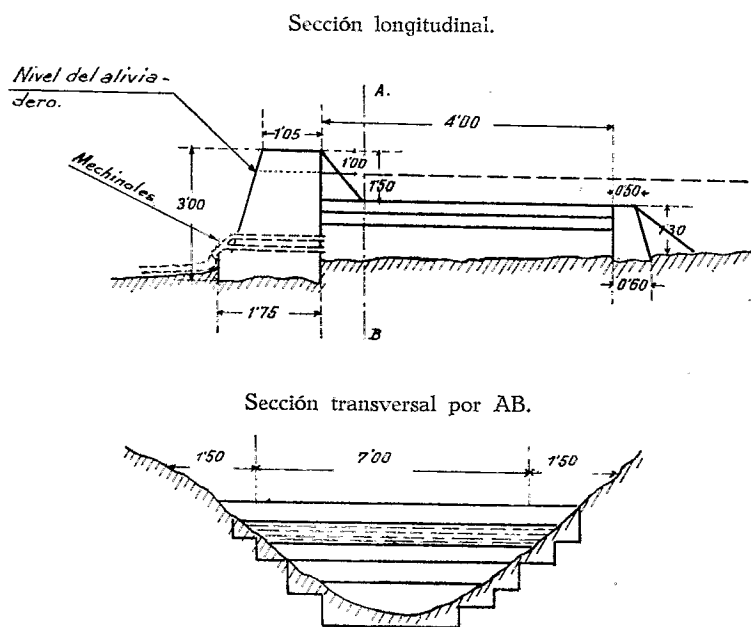
Se emplazará éste a la salida de la almagrera, en un estrechamiento del barranco, en cuyo punto están sumidas las aguas de los últimos derramaderos de la almagrera.

Suponiendo, por exceso, una cuenca de dos hectáreas en el punto en que proponemos el filtro, y no teniendo presente

el coeficiente de retraso por la poca longitud de su cauce, tendremos:

$$Q = q \cdot a \cdot S = 63 \cdot 0,20 \cdot 2 = 25,20 \text{ litros por segundo.}$$

Admitiremos para superficie de filtro 25 metros cuadrados como mínimo, al cual corresponden, reconocido el lugar del emplazamiento, las dimensiones aproximadas siguientes:



Para calcular el muro de la presa hemos considerado un muro de sección rectangular, y para mayor garantía de la construcción, por tratarse de muro en seco o pedraplén, le damos el talud de 1/5 aguas abajo. Para ello hemos tenido en cuenta la fórmula práctica para el caso de muro sometido a empujes intermitentes, que es $S = 0,70 H$; siendo S el espesor del muro, y H , la altura del muro sobre el fondo del filtro.

En nuestro caso, teniendo presente que la altura del muro sobre el fondo es de 1,50 metros, tendremos:

$$S = 0,70 \cdot 1,50 = 1,05 \text{ metros.}$$

Conocidas las dimensiones de la obra y teniendo presente los precios unitarios admitidos en la práctica, tendremos, aproximadamente, los valores siguientes:

CLASE DE OBRA	Volúmenes Metros ³	Precios unitarios Pesetas	Totales Pesetas
Excavación para emplazamiento de la presa.....	8.000	4,00	32,00
Muro en seco de la presa.....	28.000	8,50	238,00
Capa de 0,40 ms. de gravilla, de 4 a 7 mm.....	11.000	5,00	55,00
Capa de canto rodado de 7 a 12 cms.....	11.000	5,00	55,00
Solera de piedra o base de la parte filtrante.....	16.800	8,50	142,80
Murete de retención de aguas arriba de piedra en seco....	3.575	8,50	30,40
Protección de tierra del murete de retención y coronación de la presa.....	22.725	1,50	34,08
			587,28
		Total pesetas.....	587,28

Para calcular los precios unitarios hemos tenido presente que el canto rodado y gravilla puede extraerse de las Cabezas del Labradillo, situada a un kilómetro, aproximadamente, de la obra, y las piedras para los muros en seco y solera, del terreno próximo a la obra, utilizándose tablonces o lajas cuyas dimensiones excederán de las del ladrillo ordinario, utilizándose las de mayores dimensiones en la construcción de la presa.

Filtro del barranco de La Parrilleja

Se emplazará este filtro en el punto que se indica en el plano general, que está situado a unos 300 metros, aproximadamente, aguas abajo del Huerto de Arrayá, en una vuelta del barranco, al objeto de aprovechar el espigón de la margen izquierda como apoyo de la obra y para practicar sobre él el aliviadero de superficie.

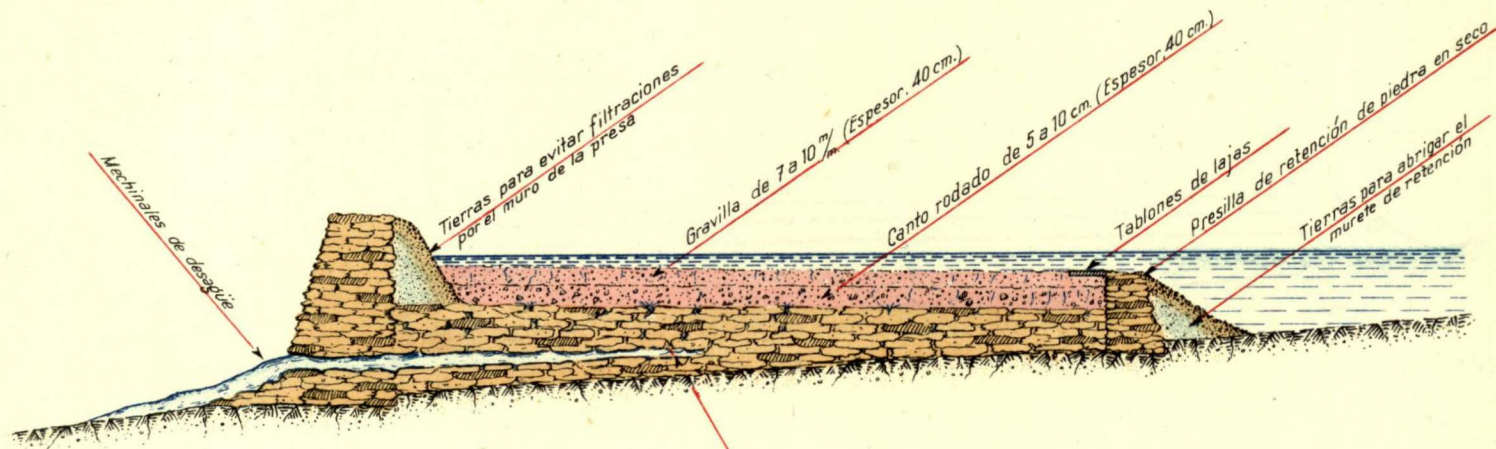
La cuenca de recepción hasta el citado punto puede estimarse en unas 150 hectáreas, y, por consiguiente, el caudal máximo por segundo estará dado por la fórmula:

$$Q = q \cdot a \cdot \xi \cdot S = 63 \cdot 0,20 \cdot 150^{-0,167} \cdot 150 = 818,37 \text{ litros por segundo.}$$

Admitiremos para superficie de filtraje 800 metros cuadrados, una altura de presa de siete metros sobre el fondo del barranco aguas arriba y una longitud de 20 metros, y que el aliviadero está situado a 1,50 metros bajo el coronamiento de la presa, y con estos datos tendremos la sección longitudinal siguiente:

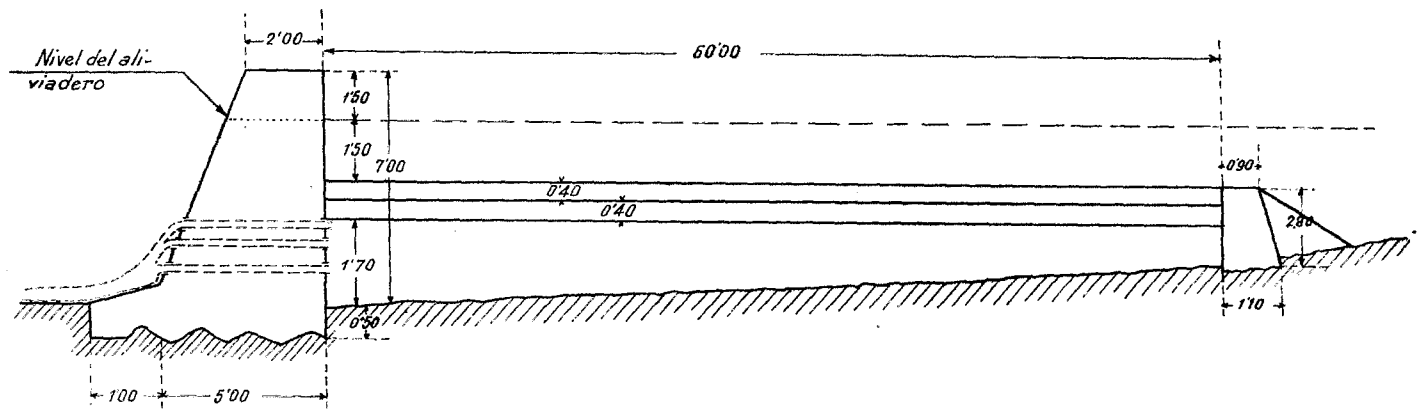
FILTRO DESBASTADOR

Sección longitudinal



Solera de piedra en seco con abundantes
caños o mechinales en dirección a los de la
presa.





en el cual, admitido un espesor de coronación de dos metros, hallaremos la proyección del talud por la fórmula

$$e = H - 2e = 7 - 4 = 3,$$

de donde el espesor de la base sería:

$$E = 2 + 3 = 5 \text{ metros.}$$

La unión al terreno será de forma escalonada y se procurará, en la excavación de los cimientos, formar resaltos que tengan planos normales a las resultantes o líneas de carga, aumentando así la solidez de la obra.

Suponiendo el nivel del aliviadero a 1,50 metros bajo la coronación de la presa y 1,50 metros de aguas bajo ese nivel, según se anota en el croquis anterior, resulta aproximadamente una anchura de filtro de unos 14 metros y una longitud aproximada de 60 metros. Con estos datos hemos obtenido los valores aproximados siguientes:

CLASE DE OBRA	Volúmenes	Precios unitarios	Totales
	Metros ³	Pesetas	Pesetas
Excavación para emplazamiento de la presa.....	12,500	4,00	50,00
Muro de la presa de mampostería hidráulica.....	370,000	42,00	15.540,00
Capa de 0,40 ms. de gravilla de 4 a 7 mm.....	320,000	7,00	2.240,00
Capa de canto rodado de 7 a 12 mm.....	320,000	7,00	2.240,00
Solera de piedra o base de la parte filtrante.....	1.692,000	8,50	14.382,00
Murete de retención de aguas arriba de piedra en seco....	33,600	8,50	285,60
Protección de tierra del murete de retención.....	24,000	1,50	36,00
	<i>Total pesetas.....</i>		<i>34.773,60</i>

El canto rodado y la gravilla pueden extraerse de Las Cabezas del Labradillo, situado a unos dos kilómetros aproximadamente, y los restantes materiales, del terreno inmediato a la obra. Hacemos constar que, dadas las dimensiones de la presa anterior, proponemos su construcción de mampostería ordinaria con mortero hidráulico.

Filtros en el barranco de Pedro López

La cuenca de recepción de este barranco para el punto indicado para un filtro único es, aproximadamente, de unas 500 hectáreas. Aplicando la fórmula utilizada anteriormente para calcular el caudal por segundo, resultan 2.230 litros, y, por tanto, este filtro resultaría de dimensiones extraordinarias, de difícil funcionamiento y muy costosa su construcción. Teniendo presente, además, que la mayor parte de su enturbiamiento procede de las aguas de las almagreras de Las Cabezitas hasta la denominada Hoya de Mora, sustituiremos este gran filtro por otros de dimensiones análogas al calculado para la almagrera del Labradillo y situados en los distintos barranquillos que recogen estas aguas. Con cuatro filtros análogos al citado se mejorarán notablemente las aguas de este barranco.

Filtros de la almagrera del Piñón

Se establecerá un filtro análogo, y de las mismas dimensiones que el de la almagrera del Labradillo, en el barranquillo de La Calzada, al norte de la casa del Tempranillo, y otro filtro igual en el barranquillo de La Presa, al oeste de la casa del Cercadillo. Con ello se evitarán las turbias de esta almagrera, que son muy perjudiciales por la gran cantidad de

sedimentos y muy cargadas de óxido de hierro. El material de cantos rodados y gravilla puede extraerse de la Mesa del Piñón.

Almagrera del Huerto del Granadino

Se establecerá un filtro de iguales dimensiones que los anteriores en el barranquillo que recoge las aguas de la almagrera de este paraje. Los materiales de cantos rodados y gravilla pueden extraerse de las cumbres de Valle Juncal, donde abundan, y está situada, aproximadamente, a un kilómetro de distancia.

Almagrera de los derramaderos del Gabatón del Agua Blanca

Esta almagrera está situada al este del citado Gabatón y vierte en un barranquillo afluente del Castaño. Las aguas procedentes de la misma arrastran mucho lodo, muy coloreadas por el óxido de hierro, por lo cual se precisa la construcción de un filtro de análogas dimensiones a los anteriores, que se establecerá, aguas abajo de la misma, en lugar apropiado para ello. Los materiales de cantos rodados y gravilla pueden extraerse del mismo lugar anterior.

Filtro en el barranco de Los Hornos

Aunque una buena parte de las aguas procedentes de almagreras quedan eliminadas con la desviación por regata, que se propone en el paraje de Valle Juncal, existen otras muchas y también residuos de las mismas en terrenos que se cultivan en la actualidad, y que debido a ello producen aguas

turbias, y teniendo presente que la cuenca de recepción, en el punto que marcamos para su instalación, es aproximadamente unas 140 hectáreas, proponemos el establecimiento de un filtro de iguales dimensiones al proyectado para el barranco de La Parrilleja.

Este filtro, aunque es necesario para conseguir una mayor depuración de las aguas, su construcción no requiere la urgencia de los anteriores.

Zanja de coronación del vaso

Las lluvias caídas en las proximidades del vaso arrastran los sedimentos de las laderas del mismo, las cuales van directamente a la toma de aguas, contribuyendo en un tanto por ciento considerable al enturbiamiento de la que circula por la tubería de conducción.

Para evitar esto en lo posible, proponemos, de forma análoga a lo practicado en los embalses del Canal de Isabel II, la apertura de zanjas de coronación de 500 a 1.000 metros de longitud por cada una de las márgenes, según lo permita la naturaleza del terreno, cuyas regatas harán verter las citadas turbias aguas abajo de la presa, para lo cual se le dará la pendiente necesaria.

Estas zanjas tendrán una sección media trapezoidal de 0,80 metros en la base, 1,20 metros en la coronación y un metro de altura, y una pendiente aproximada de unos tres milímetros por metro, con lo que podrá dar un caudal medio aproximado de 1,50 metros cúbicos por segundo, más que suficiente para eliminar las turbias procedentes de las citadas laderas.

Su coste medio lo estimamos, aproximadamente, en unas seis pesetas por metro lineal.

OBSERVACIONES

Con las defensas que hasta el presente hemos expuesto eliminaremos no sólo la mayor parte de las turbias, sino también las más perjudiciales, tanto por la clase de sedimentos contenidos en las mismas como por la mayor proximidad al vaso. Sin embargo, debemos tener presente que los barrancos de La Lapa y El Brucio también aportan cierta cantidad de turbias, que, aunque no proceden de almagreras, se deben a los terrenos cultivados que existen en su cuenca, por lo cual proponemos que, aunque no es de tanta urgencia el establecimiento de defensas análogas a las proyectadas, debe proseguirse en años sucesivos la corrección de estos cauces en puntos apropiados para ello; y lo mismo decimos de cualquier otro barranquillo que haya escapado a nuestra investigación, con el fin de llegar a una completa depuración desbastadora, evitando grandes aterramientos en el embalse, disminuyendo las posibles contaminaciones, así como la cantidad de sales en disolución. En resumen: dejando las aguas del embalse en condiciones de poder ser sometidas a una filtración eficaz que las deje en perfectas condiciones de potabilidad, cuya estación de filtraje, de no hacerse esta desbastación, sería mucho más complicada y costosa, y además requeriría el establecimiento de grandes balsas de decantación, puesto que la estación de filtraje no surtiría su efecto si llegasen las aguas enlodadas.

CONCLUSIÓN

Creemos haber expuesto con la extensión suficiente las distintas partes de que consta este informe, en el cual quedan definidas las causas de las turbias, los medios de evitarlas

y la necesidad imprescindible de acometer las obras que en el mismo se proyectan.

Debemos hacer constar que, como complemento a los medios que se exponen, deben evitarse los cultivos y pastoreo en las proximidades del embalse, que tanto contribuyen a los arrastres y contaminaciones, procurando que este área de terrenos en que se prohíban estos aprovechamientos sea lo más extensa posible, a fin de alejar del embalse toda acción perjudicial.

Todas las obras que hemos propuesto están calculadas aproximadamente y con precios unitarios que corresponden a la ejecución material de las mismas, y su presupuesto total asciende, aproximadamente, a unas cien mil pesetas.

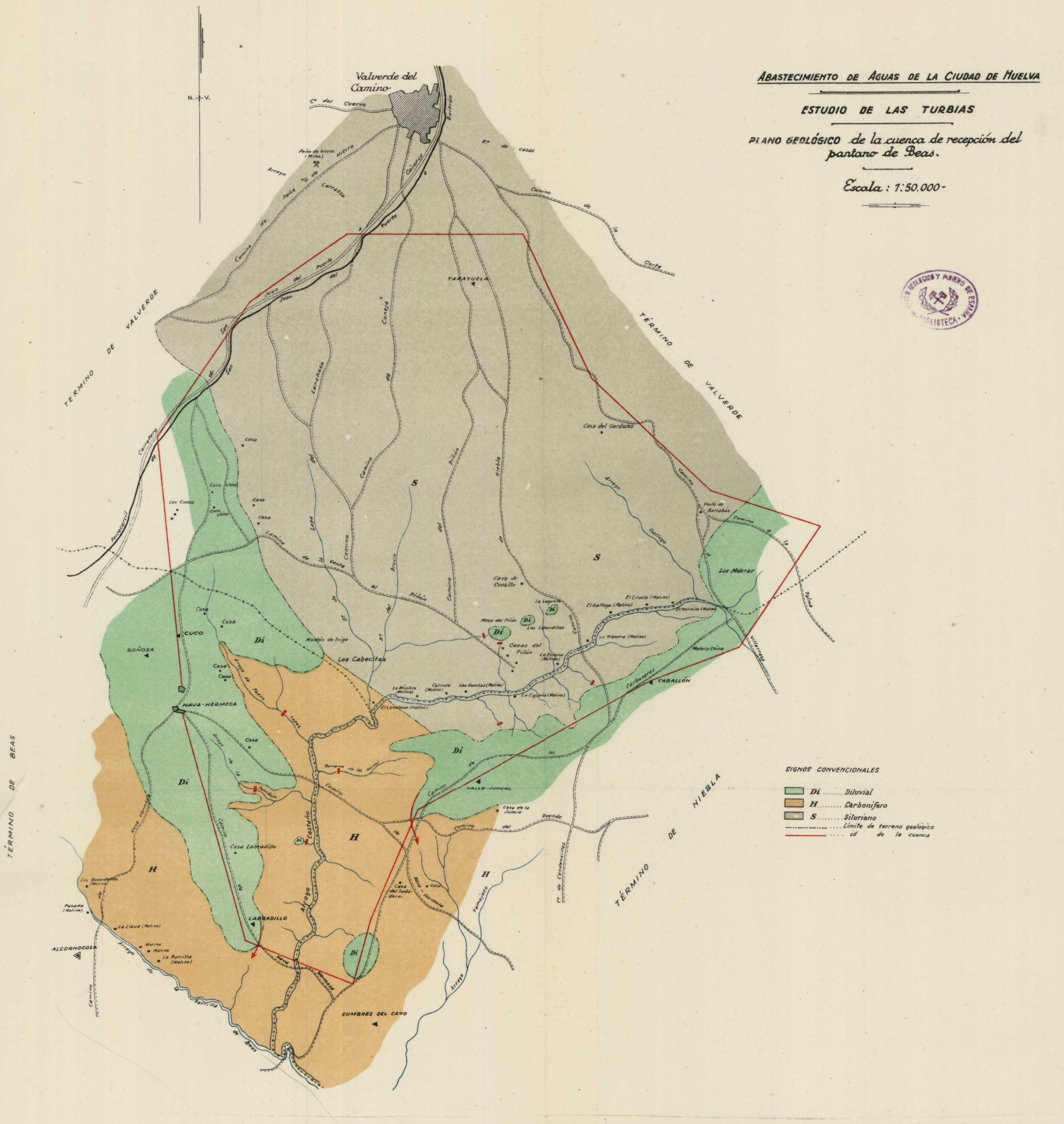


ABASTECIMIENTO DE AGUAS DE LA CIUDAD DE HUELVA

ESTUDIO DE LAS TURBIAS

PLANO GEOLÓGICO de la cuenca de recepción del pantano de Beas.

Escala : 1:50.000-



SIGNOS CONVENCIONALES

 Di	Diluvial
 H	Carbonifera
 S	Siluriano
	Limite de terreno geológico
	id de la cuenca