

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

CARTOTEDA
BIBLIOTECA
Instituto Geológico y
Minero de España

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

ESCALA 1:50.000

EXPLICACIÓN

DE LA

HOJA N.º 289

BENABARRE

(HUESCA-LÉRIDA)

=====
Dr. CANTO

MADRID
TIP. - LIT. COULLAUT
MANTUANO, 49
1959

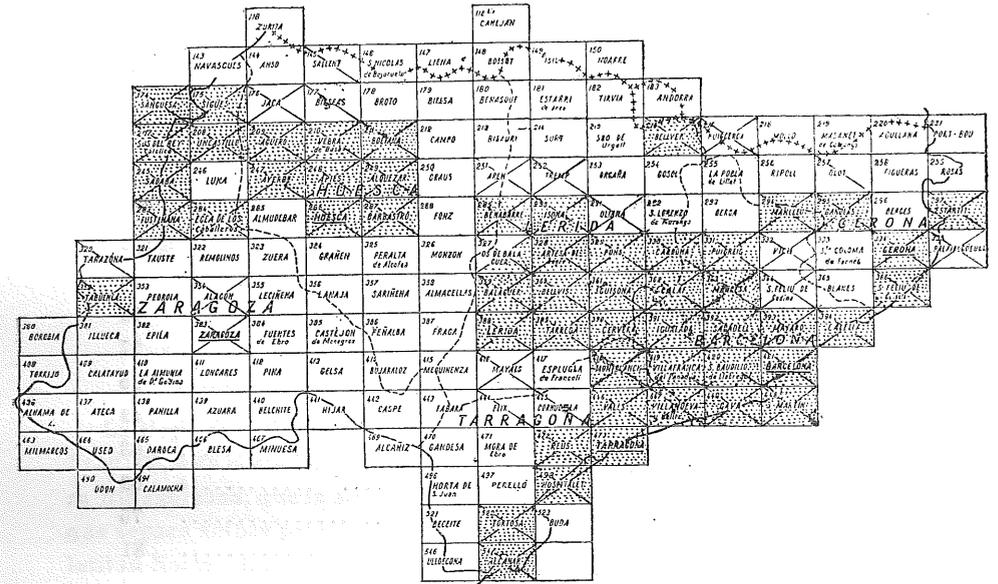
TERCERA REGIÓN GEOLÓGICA

SITUACIÓN DE LA HOJA DE BENABARRE, NÚMERO 289

Esta Memoria explicativa ha sido estudiada y redactada por los ingenieros de Minas D. MANUEL ALVARADO, D. JUAN COMA y D. JOAQUÍN DEL VALLE, con la colaboración de D. JOSÉ M.^a RÍOS.

Revisada en el campo por el Ingeniero Jefe de la Región, D. ANTONIO ALMELA.

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



 *Publicada*
 *En prensa*
 *En campo*

Depósito legal: M. 6.225.—1958.

PERSONAL DE LA TERCERA REGIÓN GEOLÓGICA

Jefe D. Antonio Almela.
 Subjefe..... D. Augusto de Gálvez-Cañero.
 Ingenieros D. Juan E. Coma y D. Félix Cañada Guerrero.

INDICE

	<u>Páginas</u>
I. Geografía física y humana.....	5
II. Antecedentes y rasgos geológicos.....	13
III. Historia geológica de la región.....	27
IV. Estratigrafía.....	35
V. Tectónica.....	49
VI. Paleontología.....	63
VII. Hidrología subterránea.....	69
VIII. Minería y canteras.....	75
IX. Bibliografía.....	81

I

GEOGRAFÍA FÍSICA Y HUMANA

1. Generalidades

La Hoja de Benabarre, n.º 289 del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, está enclavada en las provincias de Huesca y Lérida. El río Noguera Ribagorzana, que la atraviesa de Norte a Sur, es el accidente geográfico que separa ambas provincias. Está limitada por los paralelos 42º10' y 42º de latitud Norte y los meridianos 4º10' y 4º30' de longitud Este.

El país de la Hoja de Benabarre se encuentra en la zona donde acaba la fértil Conca de Tremp y comienzan las alineaciones montañosas de las Sierras Exteriores Prepirenaicas. Por ello su topografía varía sensiblemente a medida que se marcha hacia el Sur; las suaves ondulaciones del Norte se transforman en las imponentes moles de los Montsech. En esta parte el paisaje adquiere un relieve impresionante. El flanco meridional de la sierra, con sus escarpadas cimas, generalmente inaccesibles, es de una gran belleza.

2. Orografía

Como acabamos de decir, la parte sur central de la Hoja está ocupada por los Montsech, catalán y aragonés. Esta sierra es la más septentrional del Sistema Exterior Prepirenaico. Mide cerca de 45 Km. de extensión, de los que doce pertenecen a la provincia de Huesca, presentando sus cumbres una línea suavemente ondulada que sigue el eje de la sierra, de dirección aproximada Este-Oeste. Tectónicamente el Montsech es ejemplo de un pliegue

gigantesco volcado y fallado. La vertiente sur, que se abre al valle donde se asientan los pueblos de Ager, Agulló y Corsá, ofrece en todas sus partes un formidable acantilado, con dos grandes escalones en los que el geólogo puede ver a *grosso modo* la separación entre el Cretáceo inferior y el superior. La erosión, aprovechando la parte débil que en todo pliegue supone el eje, y más en este caso, ha actuado intensamente, de tal manera que el flanco sur del anticlinal ha desaparecido casi por entero, quedando solamente algunos retazos. La litología de las rocas ha dejado su huella en el relieve; las duras han dado lugar a paredones cortados a pique; las blandas a suaves pendientes. En conjunto, la sierra presenta, por su parte meridional, una serie de escalones, uno de los cuales, como acabamos de decir, señala el tránsito entre los dos cretáceos. Esta morfología de la sierra se mantiene a lo largo de toda ella, dada la continuidad y constancia de los estartos.

Por buzar ligeramente el eje de la sierra a medida que se marcha hacia el Oeste, las altitudes mayores las encontramos en la parte catalana, altitudes que alcanzan los 1.678 metros. La grandiosidad del Montsech en su flanco sur nos la da la consideración de que el pueblo de Ager, situado solamente a cuatro kilómetros de su cima, se encuentra a una altura de 648 m. ¡Más de mil metros de diferencia tan sólo en muy pocos kilómetros! La vertiente norte de la sierra es mucho más suave, debido a que las capas presentan un buzamiento regular de unos 25° y que poco a poco van alcanzando la horizontalidad.

El Montsech, al adentrarse en Aragón, pierde majestuosidad, hasta llegar a sumergirse en el Oligoceno suavemente ondulado. Solamente en los alrededores de Tolva vuelve a reaparecer, pero ya sin la pujanza anterior.

El Noguera Ribagorzana corta al Montsech en un impresionante tajo; el agreste y angosto «Pas de Monremey», de más de dos kilómetros de longitud, da idea de la lucha titánica del río por abrirse camino hacia el sur.

Todavía en la parte meridional encontramos las sierras de Millá, 1.037 m., magnífico ejemplo de anticlinal que llega hasta el pueblo de Finestras, y la alineación montañosa sobre las que se asientan los pueblos de Pilzán, 907 m., Estaña y Caserras del Castillo.

El resto de la Hoja en líneas generales es ondulado, aunque el paisaje resulta movido y en ocasiones escabroso, debido a los profundos y numerosos barrancos afluyentes a los ríos Noguera Ribagorzana y Guart.

En algunos puntos del borde norte el terreno comienza a perder rápidamente altura, pues estamos llegando a la depresión de la Conca de Tremp.

Los sistemas de diaclasas que pueden apreciarse en las formaciones calizas no tienen la suficiente importancia para que los agentes erosivos hayan creado formas peculiares de relieve según sus directrices.

3. Hidrografía

El principal río que cruza la Hoja es el Noguera Ribagorzana. Su camino, al ser Norte-Sur, sigue la línea de máxima pendiente, dirección en líneas generales perpendicular a los estratos. Por ello es natural encontrar gargantas estrechas y abruptas que nos indican la enorme labor realizada por el río en su camino hacia el mar. Es un río de los llamados «consecuentes». En cambio el sistema de barrancos que le llevan sus aguas son de los de tipo «subsecuente», es decir, están encajados en formaciones blandas, siguiendo la dirección general de las capas.

El Ribagorzana, en nuestra zona, está lejos de alcanzar su perfil de equilibrio, no presentando, por lo tanto, llanuras aluviales importantes. Su cauce es el de un río que se encuentra en su fase joven, todavía relativamente cerca de su origen y lejos, por otra parte, de su nivel de base, la pendiente que presenta a su paso por la Hoja es bastante considerable, siendo grande su actividad erosiva vertical. En cambio la erosión lateral es de poca importancia.

Su marcha es franca, con ausencia de meandros, y sus terrazas no indican grandes o por lo menos bruscos rejuvenecimientos a lo largo de su historia.

La lucha realmente titánica del Ribagorzana por abrirse camino a través del Montsech, que imponente le cierra el paso, y finalmente su victoria, lleva a nuestro ánimo la pregunta de por qué escogió el río ruta tan difícil y cómo logró vencer al coloso.

A mitad del Eoceno la actual fosa del Ebro empieza a funcionar como tal; al mismo tiempo el ámbito situado hacia el Norte comienza a elevarse, elevación que culmina con los plegamientos que originan el Montsech. Más tarde dicha estructura del Montsech queda anegada por derrubios oligocenos, y es sobre estos derrubios donde comienza la historia del Noguera Ribagorzana. Las aguas, buscando su natural drenaje, la fosa del Ebro, siguen las líneas de máxima pendiente y emprenden su labor destructora. Tallan su cauce en las formaciones oligocenas y una vez comenzada esta labor la siguen ciega y fatalmente, terminando por hendir en dos el potentísimo paquete calizo del Montsech. Por lo tanto, el cauce del Ribagorzana es de los que podríamos llamar «preestablecido». Al mismo tiempo la acción erosiva de las aguas que van a verter a los dos Noguera, desmantelan la cumbre de la sierra y arrastran los sedimentos oligocenos, dejando al descubierto los estratos mesozoicos.

En cuanto a los caudales, régimen y comportamiento del Ribagorzana, nos remitiremos al estudio que del Pallaresa hacen en su hoja de Isona los señores Bataller, Gálvez-Cañero y Masachs. Esto lo hacemos por ser los dos ríos muy similares en sus características y por ser más abundantes los datos y estadísticas que existen sobre el Pallaresa que sobre su homólogo el Ribagorzana.

En el momento actual el Instituto Nacional de Industria está construyendo una serie escalonada de presas destinadas a aprovechar integralmente toda la energía potencial que almacena este río, aunque suponemos se habrá tenido presente en el proyecto de esta gran obra, el peligro que se corre de un rápido aterramiento de los embalses, debido a la gran erosión vertical del Ribagorzana.

Finalmente, el otro río que cruza la Hoja es el Guart, con su afluente el Cajigar. Estos cauces, que vierten sus aguas al Ribagorzana, llevan caudales escasos, estando secos la mayor parte del año.

4. Climatología

La zona sujeta a nuestro estudio se encuentra, como ya hemos dicho, en la parte más septentrional de las Sierras Exteriores Prepirenaicas. Todavía para llegar al eje de la Cordillera hay que atravesar toda la Conca de Tremp y las Sierras Interiores. Por eso las condiciones climatológicas difieren de las típicas del Pirineo. El clima es más suave en invierno; son raras las nevadas, las temperaturas mínimas en los meses de invierno alcanzan unos 2º bajo cero. En cambio en verano hace calor, siendo corriente temperaturas de 35 grados. En cuanto al régimen de lluvia puede considerarse como seco.

Solamente existe dentro de la Hoja la estación pluviométrica de Puente de Montañana, que se creó en el año 1949. No tenemos datos de ella, por lo tanto nos referiremos a los suministrados por las de Tremp, Estopiñán (hasta el año 1944, en que dejó de funcionar) y la de Font, que son las contiguas. Ellas nos indican que la precipitación media anual en nuestra Hoja debe ser alrededor de los 425 mm., escasa cantidad de agua que nos induce a clasificar el clima de la zona como seco. El paisaje, prescindiendo de sus condiciones geológicas, corrobora esta afirmación. A continuación damos un cuadro en el que pueden apreciarse los datos climatológicos.

PRECIPITACIONES ANUALES EN MM. POR M.º

	Font	Estopiñán	Tremp
1940	404,6	—	566
1941	594,2	646,5	692
1942	439,0	611,1	577
1943	463,0	601,1	665
1944	471,5	442,4	462
1945	470,0	—	417
1946	564,8	—	595
1947	472,3	—	589
1948	291,3	—	471
1949	206,7	—	397

5. Vías de comunicación

En general la zona comprendida en la Hoja está mal comunicada, cosa explicable debido a los pocos núcleos de población que en ella existen. En el momento actual, la Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana, obligada por las necesidades de sus numerosas obras, ha mejorado algo esta situación. La carretera principal de la Hoja es la que viniendo de Barbastro va hasta el Valle de Arán y pasa por Benabarre, Tolva, Viacamp y Puente de Montañana. Está asfaltada y su estado de conservación es bueno. Esta carretera se bifurca en el último pueblo citado para unirlo con Tremp.

Por el Sur, el camino que va hasta las minas de carbón que se explotan en el Ribagorzana, enlaza Ager con los pueblos de Corsá y Agulló. Es un camino estrecho, sin ninguna clase de firme, aunque transitable para vehículos de motor.

De las citadas minas de carbón parte un camino de herradura que siguiendo el curso del río llega hasta Pont de Montañana, camino interesantísimo de seguir, pues cruza todas las formaciones secundarias y casi todo el Eoceno. Al llegar a la altura de Castisent se convierte en carretera con un buen firme de macadam.

El Montsech solamente se puede cruzar con facilidad por dos senderos, uno de los cuales parte de Alsamora y de Sant Esteve de la Sarga y pasa por el collado de Ares, el otro sale de Moró, en la vecina hoja de Isona; ambos llegan hasta Ager.

Por el Oeste, la carretera asfaltada que partiendo de Benabarre va a Binestar atraviesa unos pocos kilómetros de la Hoja. De ella salen los caminos que van hasta los pueblos de Caladrones, Pilzán, Estaña y Caserras del Castillo. Son caminos estrechos, en muy mal estado, en los que difícilmente

pueden transitar vehículos de motor. En el ángulo SO., y también de esta misma carretera de Binefar, parte otra con firme de macadam construída por la E. N. H. E. R., que pasando por Estopiñán llega hasta la presa que se construye aguas abajo de las Concluas.

Desde Tolva parte un camino carretero, transitable para vehículos tipo «jeep», que pasa por los Cuñols y llega hasta el Estall y Fet.

Finalmente el pueblo de Luzás enlaza con la carretera de Barbastro al Valle de Arán por un camino en bastante buen estado de conservación.

6. Núcleos de población

La Hoja de Benabarre está muy poco poblada. Baste decir que la densidad de sus habitantes es de unos 10 por Km.², cifra muy inferior a la media nacional.

Diecinueve agrupaciones tienen menos de 100 habitantes, seis menos de 800. Tolva y Puente de Montañana cuentan con alrededor de 300 y Benabarre y Ager alcanzan algo más de los mil. Como se ve, su escasa población se agrupa en pequeños núcleos humanos, siendo casi nula la población diseminada por el campo, que solamente es un 10 % de la total.

Todas estas cifras tan bajas se explican por la pobreza de su agricultura y la ausencia casi total de industria. Además, el éxodo de la población campesina a las grandes capitales, fenómeno general en nuestros días, es una realidad en esta zona, agudizada por el hecho de que al invadir las aguas del Ribagorzana, represadas por las obras que en él se están haciendo, las huertas que en sus márgenes existen, desaparezcan con ello casi las únicas fuentes de riqueza de algunos pueblos. Este es el caso de Fet, Monfalcó y Finestras, que están condenados a la total desaparición.

Desde el punto de vista administrativo, los 11 municipios de la Hoja pertenecen a los partidos judiciales de Benabarre, Balaguer y Tremp. El primero radica en la provincia de Huesca y los dos restantes en la de Lérida.

Por último diremos que los únicos sitios en donde hay posibilidad de encontrar aceptable alojamiento es en Benabarre y Ager y quizás en Tolva y Puente de Montañana.

7. Agronomía

Como hemos dicho anteriormente, el clima en toda esta zona es seco; los 425 litros por m.² anuales así lo indican. Esto, unido a las características de los suelos, hace que la agricultura diste mucho de ser floreciente.

Todo el ámbito ocupado por los Montsech y su prolongación de Tolva está, en general, ausente de cultivos, aun casi de vegetación; los conglomerados oligocenos, que aproximadamente cubren la mitad Oeste de la Hoja, y el flysch eoceno que se extiende por el cuadrante Este, tampoco son muy favorables para el desarrollo de las plantas. De todas maneras se cultivan, entre otras, cereales, vid, olivo y almendros. Las terrazas del Ribagorzana, así como los pequeños valles cuaternarios y garumnenses—mención especial requiere el amplio donde se asientan Ager y Agulló—están ocupados por huertas con sus productos típicos. En el ángulo NO. de la Hoja, al norte de Benabarre, el paisaje está cubierto por espesos bosques de pinos que se adentran en la vecina hoja de Font.

ANTECEDENTES Y RASGOS GEOLÓGICOS

La Hoja de Benabarre, n.º 289 del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000, comprende en su parte inferior el ámbito más septentrional de las sierras meridionales subpirenaicas, constituidas por las imponentes moles de los Montsechs aragonés y catalán, separados por el río Noguera Ribagorzana. Por el Norte esta alineación secundaria se sumerge en el Eoceno, prolongación de la Conca de Tremp, y por el Oeste en formaciones oligocenas. Solamente en Tolva y en los alrededores de Benabarre vuelve a emerger entre el Oligoceno.

En el sur de la Hoja hay una serie de estructuras anticlinales y sinclinales que se extienden hacia poniente, desde Agulló hasta Pilzán.

El resto lo constituyen el Eoceno y el Oligoceno, con estructuras anticlinales y sinclinales mucho más suaves.

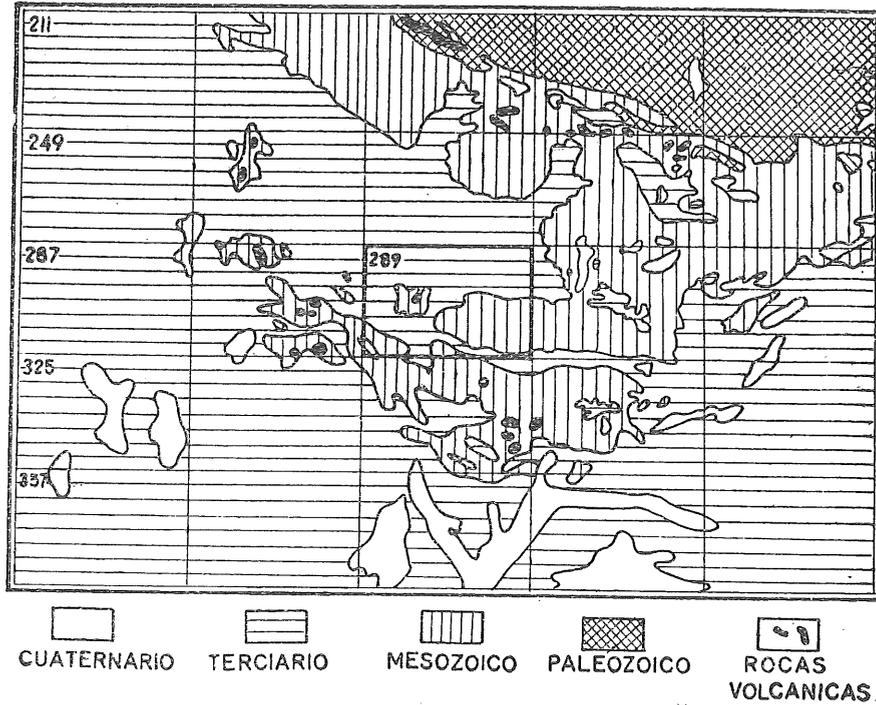
Estratigráficamente en la Hoja encontramos sedimentos que van desde el Trías al Oligoceno.

Describiremos sucintamente la serie del Montsech por ser la más completa:

En la base encontramos el Trías germánico con su facies típica de yesos y margas abigarradas del Keuper; sobre él el Rético, con las calizas carnioladas; las recubren margas y calizas margosas amarillentas del Lías medio y superior, terminando la serie jurásica el Dogger dolomítico con su erosión típica.

Después del Dogger faltan los sedimentos hasta la parte alta del Cretáceo inferior calizo-margoso, y a veces arenoso, con toucasias y orbitolinas y lignitos del Aptense y Albense.

Vuelve a haber una laguna en la sedimentación hasta el Senonense, que comienza en el Coniacense margoso de hippurites, recubriéndolo el Santo-



Situación de la Hoja de Benabarre.

nense margoso con ciclólites y placosmilías y acabando el Secundario la potente serie calizo-arenosa del Campaniense-Maestrichtense.

La facies continental garumnense —margas abigarradas y caliza— se extiende desde el final del Maestrichtense hasta los comienzos del Ypresense, comprendiendo todo el Paleoceno. Como techo de esta formación encontramos las calizas de alveolinas y nummulites tan típicas en todo el Pirineo español y que llegan, creemos nosotros, hasta el Luteciense inferior. Después, las formaciones del Eoceno medio, en general en facies flysch característica, terminan con formaciones continentales—conglomerados, margas, areniscas y calizas—. Las formaciones del Ludense-oligoceno, con sus colores típicos anaranjados, ponen punto final a la sedimentación en el ámbito de la Hoja.

Por encontrarse la parte occidental de la zona de nuestro estudio en el borde de lo que los alemanes llaman el «umbral alto-aragonés», las formaciones jurásicas y del Cretáceo inferior adelgazan sensiblemente a medida que se marcha hacia el Oeste. En la estructura sur-occidental de Pilzán creemos que ya allí los sedimentos jurásicos no se han depositado, yaciendo el Senonense directamente sobre el Trías. El Cretáceo superior también en esta parte es mucho menos potente que en el Montsech, observándose a su vez variaciones litológicas.

La mole imponente de los Montsech atrajo desde antiguo la atención de los geólogos que han intentado resolver los problemas estratigráficos y tectónicos que presentaba. Huella de estos estudios podrá el lector encontrar en la correspondiente sección bibliográfica. Nosotros aquí vamos a reseñar y comentar detenidamente aquellos trabajos que han representado una verdadera aportación para el conocimiento de esta zona y veremos el avance que éste ha experimentado en el transcurso de los años.

Los primeros atisbos de la geología de esta región nos la dan De Verneuil y Keyserling; estos geólogos franceses, en 1859 estudiaron la vertiente meridional de los Pirineos en dos cortes transversales; el primero abarca desde Esterrí hasta el Montsech, y el segundo desde Benasque hasta Benabarre.

Estratigráficamente observan acertadamente, en el Eoceno que se encuentra al norte del Montsech, la existencia de dos sedimentaciones: marina la inferior y continental la superior. Como muestra de esta última citan los conglomerados y la caliza blanca del Castillo de Viacamp, en donde encontraron planorbis y limneas, así como hojas de una palmera que creen podría ser el *Palmacites lamanonis* de Brong. Exactamente no saben dónde situar esta formación, aunque se inclinan, acertadamente, a colocarla en el Eoceno.

En cambio no vieron la diferencia entre este tramo y los conglomerados oligocenos que se encuentran si se marcha en dirección a Benabarre.

En cuanto al Montsech examinaron las capas que forman la cima en la parte que penetra en Aragón, es decir, al Oeste del Noguera Ribagorzana; dicen que encontraron unas margas, subyacentes a ellas, con *Rhynchonella lamarckiana* y *Rh. contorta* d'Orb., fósiles que atribuyeron al Cenomanense (Vidal encontró, superpuestas a estas margas con rhynchonellas, bancos con *Hippurites organisans* del Turonense-Coniacense). Esto, añadido a la gran extensión que forma por esta parte el Eoceno, avanzando por encima de las rocas cretáceas, les hizo aventurar la idea de que en toda la gran faja cretácea, que viniendo del Este concluye en el Montsech, faltaban las calizas con hippurites y las capas más elevadas del Cretáceo, de lo cual deducían la posibilidad de que el levantamiento de esta cordillera fuera anterior a la sedimentación de dichas capas; admitiendo, sin embargo que se hubiese dejado sentir un nuevo movimiento cuando los Pirineos tomaron su principal relieve, porque vieron que en algunos sitios de nuestra Hoja está el Terciario

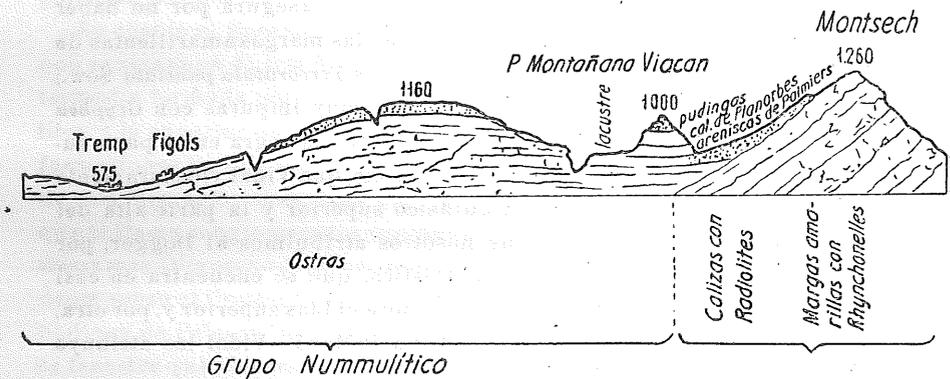


Fig. 1.—Corte por Viacamp del Montsech, por MM. de Verneuil y Keyserling.

plegado concordante con el Secundario y en otros puntos discordante, de ahí infieren que el movimiento principal debió ser anterior a estas capas terciarias, pero que hubo luego otros movimientos que plegaron a ambos.

En consonancia con estas ideas en el corte que llega hasta el Montsech colocan las formaciones eocenas más inferiores discordantes con las secundarias y las más superiores concordantes con ellas, interpretación a todas luces equivocada.

En general el estudio de estos distinguidos geólogos franceses, dada la época en que se hizo y la rapidez con que se efectuó, es francamente aceptable.

Reproducimos el corte del Montsech, ya que cronológicamente ha sido el primero que, abarcando una zona extensa, se ha publicado de aquella región.

En 1868 Leymerie publica un corte del Segre que se extiende desde Escaldas, más arriba de Puigcerdá, hasta Oliana. Estudia por lo tanto una zona muy al Este de nuestra Hoja, pero es interesante citarlo aquí, en este capítulo de antecedentes, puesto que con el de Verneuil y Keyserling ha sido uno de los primeros que se hicieron.

El gran avance lo da en 1875 el ingeniero de Minas D. Luis Mariano Vida con su «Geología de la provincia de Lérida», corregida y aumentada por una serie de trabajos posteriores reseñados en la sección bibliográfica.

Estratigráficamente la aportación de la obra de Vidal es tan importante que desde el primer trabajo dejó los hitos fundamentales para todos los estudios posteriores; después, desde el punto de vista estratigráfico, sólo se han introducido modificaciones de detalle a las conclusiones por él sacadas.

Vidal reconoce la existencia del Keuper en la parte meridional del Montsech, jalando la falla. Admite la posibilidad de la existencia del Lías inferior en las calizas compactas oscuras, aunque no lo asegura por no haber encontrado fósiles; el Lías medio lo reconoce en las margas amarillentas de la falda meridional con *Rhynchonella lycetti* Dow. y *Terebratula punctata* Sow.; encima el Lías superior, formado por calizas muy impuras con *Gryphea sublobata* que terminan en bancos de dolomía granuda negra en su parte superior. Encima sitúa las calizas aptenses. Es decir, que Vidal vió claramente el hiato de la sedimentación entre el Jurásico superior y la parte alta del Cretáceo inferior. Las dolomías — que nosotros atribuímos al Dogger, por ser un paquete potente de erosión característica, que se encuentra en casi todo el Pirineo y que por una parte reposa sobre el Lías superior y, por otra, está cubierta por el Portlandés de Santa María de Meyá — Vidal las atribuye al Lías superior, opinión ésta respetable.

Hay que esperar que o bien el hallazgo de fósiles o las señales de una emersión aclaren definitivamente esta tan debatida cuestión.

De todas maneras, el atribuir este tramo dolomítico al Jurásico y no al Cretáceo, en una época en que no se había descubierto la existencia del Malm en el Montsech catalán, nos indica la gran intuición y poderoso análisis del gran estratígrafo catalán.

Claramente ve la ausencia del Neocomiense y Barremiense y describe magistralmente el Aptense calizo y margo-arenoso con lignitos. Atribuye este nivel al mismo horizonte de los carbones de Aliaga, en Teruel, y de Castell, en Castellón.

Nuevamente señala un hiato en la sedimentación hasta el Turonense de hippurites, con ausencia completa del Cenomanense. La edad de las calizas de hippurites más tarde la rejuveneció, a propósito de los trabajos de Douvillé sobre los hippurites de Cataluña, y ya en su «Reseña de la excursión de

la Sociedad Geológica de Francia» las atribuye al Coniacense, cambio que nosotros consideramos plenamente acertado.

Describe magistralmente el Santonense y el Campaniense-Maestrichtense, citando numerosos fósiles característicos.

Por lo reseñado se puede ver que Vidal estableció de una manera definitiva los distintos niveles estratigráficos del Cretáceo superior del Montsech.

El Garumnense de Isona, al Este de nuestra Hoja, lo describe en tres niveles: el inferior de lignitos, que alterna con caliza margosa; el medio de margas rojas y grises y el superior de conglomerados rojos. Le asigna una potencia de unos 200 metros.

Posiblemente, debido a un acuñaamiento de la capa de lignitos, nosotros no hemos podido observarlos en nuestra Hoja; también falta el nivel de conglomerados, siendo el Garumnense casi en su totalidad margoso y con una potencia máxima que calculamos en unos 400.

En cuanto al Eoceno también deja fijados los rasgos esenciales al decir que se compone de tres hiladas. La inferior de calizas de alveolinas, la intermedia formada por margas azules de turritellas, operculinas y nummulites, y la superior de arenas y margas con cerithium y ostras. Todas estas formaciones las engloba con el nombre de grupo nummulítico. Por encima de esta formación menciona por último, como fin de la sedimentación, lo que él llama conglomerados supranummulíticos. Se refiere a lo que nosotros llamamos Oligoceno-Ludense que recubre el Eoceno más bajo y es discordante sobre el Cretáceo del Montsech. Con agudeza ve que son distintos a la pudinga de Palasou. En cambio no ha reconocido los conglomerados y caliza lacustre que nosotros encontramos hacia el norte del Montsech y que ya Verneuil y Keyserling hallaron en Viacamp y que indudablemente hay que referir al Luteciense superior. A los citados conglomerados supranummulíticos no se atreve a datarlos como oligocenos, pero indica que se podían colocar en la base del Mioceno.

En cuanto a la tectónica describe la gran falla que jalona la vertiente sur del Montsech, pero no vió la estructura, que en realidad es la de un pliegue volcado y fallado. Para explicar los sedimentos cretáceos y jurásicos que hay en la parte meridional de la falla recurre a la suposición de un gran hundimiento de la parte sur. Dice «es el ejemplo más hermoso de dislocación que he examinado. El hundimiento que en la parte meridional de la falla ha seguido a esta gran fractura ha hecho bajar las capas nummulíticas a un desnivel que excede en 2.000 metros...».

Atribuye la misma edad al movimiento que plegó al Montsech que al que originó la cordillera pirenaica ya que «en ésta, las rocas cretáceas y nummulíticas están colocadas del mismo modo con respecto a los conglomerados.

Conglomerados que descansan horizontales sobre el Nummulítico de la Cuenca de Tremp e intestan sin perder su horizontalidad con los bancos nummulíticos del Montsech». Evidentemente es un argumento muy esquematizado.

Tres años más tarde, en 1878, el ingeniero D. Lucas Mallada publica su conocida «Descripción física y geológica de la provincia de Huesca». Al igual que la de Vidal es en su aspecto estratigráfico donde debemos ver las más interesantes observaciones. También como su compañero se encontró con un campo prácticamente desconocido. Nos es muy grato el haber trabajado en una zona que anteriormente recorrieron estos dos eminentes geólogos, quizá de lo mejor que ha tenido la geología española, y el comprobar que muchísimas de sus observaciones quedan inalteradas a pesar del tiempo y de los avances que han experimentado los conocimientos geológicos.

En el capítulo de estratigrafía describe el Trías con sus tramos de arenisca roja y de caliza del Muschelkalk y estudia las intrusiones eruptivas asociadas a estas formaciones. Reseña las distintas opiniones sobre el origen de las ofitas, describe sus caracteres y menciona, que en algún sitio, están cubiertas de carbonato de cobre, o de amianto teñido de azul; sin duda se refiere a la aerinita.

Erróneamente asignó a las calizas triásicas de Caserras y Estaña, la edad cretácea.

En cuanto al Jurásico, acertadamente vió que la sedimentación falta en casi todo el ámbito de Huesca, y desde luego en el ámbito de nuestra Hoja. Esto en líneas generales es verdad, pero el Lías fosilífero y el Dogger todavía afloran en la falda sur del Montsech aragonés, aunque es verdad que éstos de los pocos afloramientos que hay del Jurásico en nuestra Hoja.

Por lo tanto dice que el Cretáceo se apoyó directamente sobre el Trías. Entre el Ésera y Ribagorzana presenta los siguientes tramos: por una parte, el Urgo-Aptense, Albense y Cenomanense, en general indeferenciado, y por otra el Turonense y Senonense de la misma manera.

El Montsech aragonés, en un corte trazado por Fet, lo detalla de la siguiente manera:

«Termina por medio de una falla que entre Fet y la Cerrulla descubre las capas triásicas ya descritas. Sobre ellas se presentan, caminando hacia el Norte las margas aptenses en lechos muy delgados, las margas y calizas amarillentas turonenses y con mayor desarrollo las de colores claros y muy compactas senonenses, con spherulites y radiolites, que coronan las crestas y se extienden por las vertientes septentrionales hasta cerca de Mongay pasando a algunos bancos de calizas silíceas. Sobre esta serie se extiende como remate, con un espesor de 100 m., el tramo danés lacustre».

Hemos transcrito esta descripción estratigráfica, que hace Mallada del Montsech, porque la creemos interesante. De acuerdo con su idea de que el accidente tectónico del flanco sur del Montsech es solamente una gran falla no vió qué parte de la serie se repetía en dicho flanco sur. Además, no encuentra el Lías y el Dogger, y las capas con hippurites del Coniacense las data como turonenses.

Cita las manchas secundarias de Tolva y Benabarre, con descripciones bastante detalladas de las formaciones. En cuanto al Terciario de nuestra Hoja lo divide en Eoceno marino y lacustre. El Eoceno marino con sus tres tramos de Nummulítico inferior—caliza de alveolinas—, medio—margas fosilíferas con una larga cita de fósiles— y las margas arenosas y maciños con fucooides del Nummulítico superior.

En el Eoceno lacustre engloba todos los sedimentos continentales: conglomerados, areniscas, calizas claras y margas del Oligoceno y del Ludense-Bartonense. No hace distinción entre este tramo que aflora en Viacamp y los conglomerados oligocenos que aparecen al marchar hacia el Oeste en dirección a Benabarre.

Después del capítulo de estratigrafía trata de la paleogeografía. La historia geológica la resume:

- 1) Primer período de emergencia, a la mitad próximamente del Devónico.
- 2) Primer período de sumersión, en el comienzo de las series secundarias.
- 3) Segundo período de emergencia, efectuado con lentitud desde el final de la arenisca roja hasta el Cretáceo inferior.
- 4) Segundo período de sumersión que comenzó también lentamente en el Cretáceo inferior y se pronunció de una manera general al principio del Turonense.
- 5) Tercer período de emergencia, indicado ligeramente en la conclusión del Cretáceo.
- 6) Tercera sumersión muy profunda en el principio de la serie terciaria.
- 7) Últimos depósitos marinos.
- 8) Emergencia muy enérgica entre los períodos Eoceno lacustre y Mioceno.
- 9) Emergencia o desagüe de la cuenca del Ebro, quizás hacia la mitad del sistema Mioceno.

En esta síntesis esquemática Mallada resumió toda la historia geológica de la provincia de Huesca. Los estudios posteriores han confirmado esta magnífica síntesis que Mallada hiciera con más de 50 años de antelación. En cuanto a la tectónica Mallada sigue, como Vidal, las ideas de la época y ex-

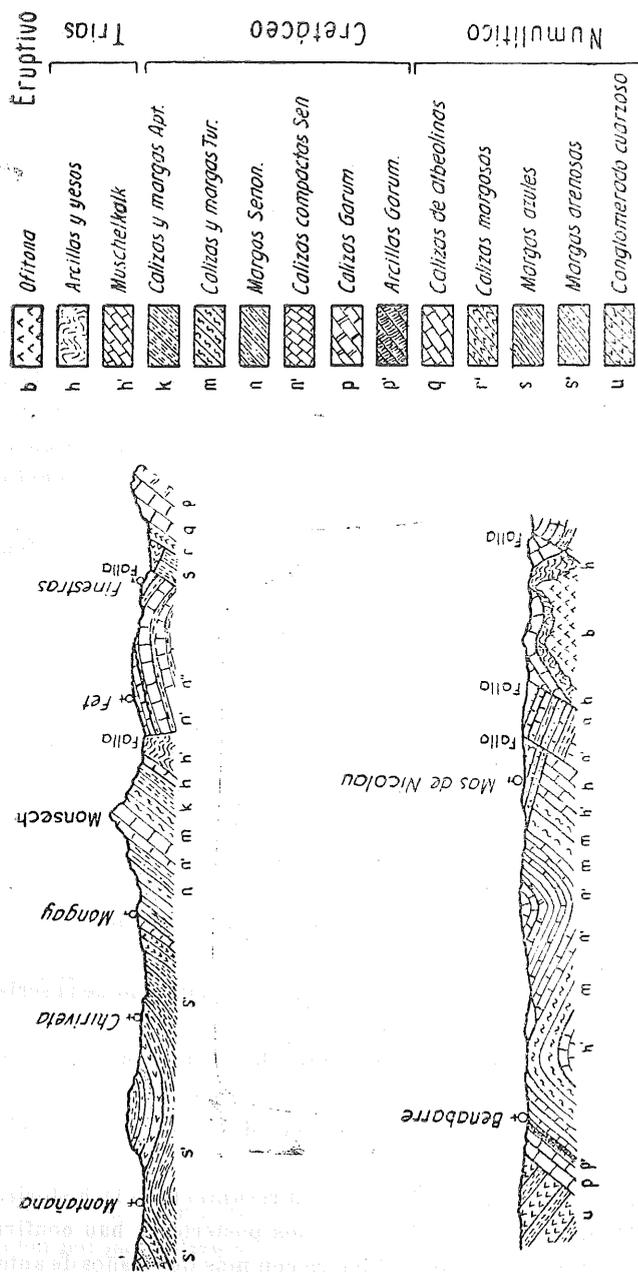


Fig. 2.—Corte del Montsech, por Fet, y corte por Benabarre (ambos según Mallada)

plica el accidente del Montsech como una gran falla, con su correspondiente hundimiento.

Reproducimos dos cortes de este trabajo de Mallada, uno a lo largo del Noguera Ribagorzana y otro por Benabarre.

En 1912, Eduardo Hernández-Pacheco publica un «Ensayo de síntesis geológica del norte de la Península Ibérica», en el cual habla ya de la diferencia de vergencia entre las sierras marginales y las subpirenaicas, igual que Vidal; considera al Montsech como una gran falla con el bloque meridional hundido y hace un estudio general de la historia geológica y la paleogeografía del Pirineo sumamente notable para su época. Hay que tener en cuenta lo peligroso que son los intentos de síntesis en geología, donde parece que los hechos, tan diferentes entre sí, se rebelan a ser encasillados en leyes y su heterogeneidad impide ver causas generales. No obstante, como en todas las demás ciencias, son estos intentos los que producen el progreso.

En 1914, Ch. Jacob y P. Fallot intentan establecer una nueva interpretación tectónica del Montsech. Suponen a esta estructura como un manto de corrimiento que ha venido del Sur y que ha chocado contra la zona pirenaica axial, en especial cerca de Gerri y de Novés. El substratum, dicen, está formado por terrenos eocenos, en especial pudingas del tipo de las de Palasou, salvo en el frente donde camina sobre las areniscas rojas del borde de la zona axial. El corrimiento y la reacción data de finales del Eoceno.

Su principal argumento es la existencia de ventanas en el Triás, en las cuales se ven pudingas y calizas de alveolinas eocenas, pero aunque haya islotes de estas calizas que se encuentran rodeadas de Keuper no es necesario suponer que se encuentran debajo ni que ha habido corrimiento. La cuestión queda explicada por un simple fenómeno de diapirismo triásico *in situ*.

Los primeros en hacer estas consideraciones y destruir sobre el terreno la hipótesis de Jacob y Fallot fueron, además de Dalloni, que replicó inmediatamente, Lugeon y Olianoff, con motivo de las investigaciones que hicieron en Camarasa para estudiar el emplazamiento de la presa en el año 1924. Posteriormente, en 1934, volvieron sobre la misma zona, ratificando sus juicios anteriores, y después de una breve visita al Montsech opinan acertadamente que debe tratarse de un pliegue falla; hablan de plegamientos para explicar la transgresión senonense, cuando en realidad debemos referirnos a movimientos verticales exclusivamente, puesto que no se observa discordancia alguna, y tratan ligeramente, pero con acierto, algunos otros problemas de morfología y tectónica.

Estas ideas de Jacob y Fallot, y más tarde de Astre y Ciry, levantaron una

viva reacción en Dalloni, en Vidal y en casi todos los geólogos que después de ellos han estudiado aquellas zonas. La verdad es que sus autores, más tarde, modificaron alguna de sus conclusiones primitivas, aunque sin embargo su teoría es la más audaz y apartada de la realidad de todas las importantes que se han hecho sobre el Montsech. Las teorías tectónicas de Vidal, Mallada y otros no llegan a la verdad por falta de observación detallada, pero están en el camino de ella; en cambio la de Jacob y Fallot se separa por completo. En lo que a nosotros nos afecta en el pequeño ámbito de nuestra Hoja, no hemos, en absoluto, podido comprobar este pretendido corrimiento. Los materiales mesozoicos del Montsech se sumergen debajo del Eoceno inferior que se muestra con ellos concordante, y a su vez éste en las capas medias y altas del Eoceno. Todo ello, claro es, recubierto por los conglomerados oligocenos. Esto en cuanto al flanco norte, respecto al sur, la estructura del Montsech, por ser un pliegue volcado y fallado, cabalga al Eoceno medio.

Dalloni se dió bien cuenta de la existencia de un pliegue fallado y volcado hacia el sur y vió su flanco meridional. En un trabajo sobre el Pirineo aragonés, primero, y catalán, más tarde, realizó un estudio estratigráfico concienzudo, reafirmando y completando, en general, las conclusiones a que llegó Vidal en la parte catalana.

Hans Stille, en 1927, escribe sobre los enlaces de las cadenas de montañas del Mediterráneo occidental. Su labor es la más difícil de todas en Geología: sintetizar en Tectónica, procurar establecer definiciones, conceptos y clasificaciones. A propósito de la orogenia bilateral insiste en considerar el Pirineo como un buen ejemplo de la tectónica en abanico, dentro de la cual en su lado sur existe otra estructura en abanico de segundo orden, formada en un geosinclinal también de segundo orden, estando situado el Montsech en el flanco meridional de esta última. El unir las ramas norpirenaica y surpirenaica de plegamientos por el Oeste mediante un arco de gran curvatura, es un concepto erróneo, y la consideración de que el valle del Ebro representó el papel de prefosa meridional y la meseta castellana el de antepaís en la orogenia pirenaica es discutible, puesto que el macizo del Ebro, aunque en la época de los principales empujes estaba ya sumergido, su comportamiento fué bastante rígido y cratónico durante toda la orogenia. Además, en el caso de constituir una prefosa sería anterior e independiente del plegamiento, de modo que su origen no puede ser atribuido a reajustes isostáticos provocados por la orogenia. La edad intrapermiana de los principales movimientos variscicos en el Pirineo tampoco parece muy de acuerdo con opiniones modernas.

No obstante, queremos insistir en que la envergadura de la tarea emprendida

es de tal categoría que queda reservada para los grandes maestros de la geología.

En 1931, el geólogo norteamericano Charles Keyes se interesa por el problema de los cañones formados por los Nogueras en el Montsech, y habla de la existencia de «over thrust» en esta misma sierra, aunque no sabemos si atribuyéndole el sentido diferenciado de la geología estructural norteamericana moderna o como cabalgamiento en general.

En esta misma época Astre, en un pequeño trabajo sobre las fases del dominio pirenaico, atribuye al Luteciense las principales elevaciones de la cordillera.

Poco antes de publicarse el estudio de Pedro Misch, Marcel Chevalier publica un trabajo sobre la estructura orogénica de la vertiente meridional de los Pirineos, en el cual la imaginación actúa con demasiada libertad y las deducciones de carácter tectónico general y de la historia geológica pirenaica van demasiado lejos. Junto a hipótesis verdaderamente audaces, como la de la extrusión de materiales graníticos en el Terciario de los Pirineos occidentales a causa del encuentro de empujes venidos del Norte y del Sur, hay sin embargo otras de verdadero interés, como son la propagación de los empujes en forma de ondas, como si se tratase de flúidos, y la existencia de esfuerzos venidos del SO. en la parte oeste de los Pirineos y del SE. en la parte este. En efecto, esta manera de propagación se relaciona con las modernas teorías de Warren Carey sobre reodidad y deformación plástica y también el paralelismo tectónico entre las formaciones situadas al S. y N. del valle del Ebro es digno de profunda consideración.

Así como Vidal puso los jalones estratigráficos definitivos para el estudio del Montsech, Pedro Misch, en su trabajo «La estructura tectónica de la región central de los Pirineos», publicado en 1934, hace lo mismo respecto a la tectónica.

No dedica especial detenimiento a la parte estratigráfica. no aporta conocimientos especiales, solamente el necesario para poder deducir de ella sus magníficas interpretaciones; sin embargo es admirable el detalle y la precisión con que traza los contactos de los distintos pisos y terrenos, precisión mucho más difícil de alcanzar si se tiene en cuenta la extensión de la zona por él estudiada. En ocasiones llega a pormenores francamente asombrosos.

Es en el campo de la tectónica y de la paleogeografía donde el trabajo de Misch representa un verdadero y fundamental avance. Antes de él se había hecho poco, muy poco. Después, la tectónica del Montsech queda, creemos, aclarada en casi todos los detalles.

Después de estudiada la Hoja hemos podido comprobar plenamente las magníficas calidades del estudio de P. Misch. Nuestro trabajo, por lo tanto

coincide en lo fundamental con el suyo; solamente en algunos contactos—sobre todo en la parte sur del Montsech, a lo largo de la gran falla—diferimos algo de él, resultado probablemente debido a haber trabajado a una escala posiblemente mayor. Lo mismo vale para los cortes. Estas pequeñas diferencias se podrán ver cotejando los dos trabajos, pero repetimos que son diferencias no fundamentales. En cuanto a la edad de los movimientos que plegaron los sedimentos en nuestra zona discrepamos de Misch. Creemos nosotros que los plegamientos son debidos a empujes continuados a lo largo de una parte del Eoceno y del Oligoceno más bien que asignables a edades determinadas. En este sentido P. Birot, comentando el criterio de Misch, acertadamente difiere de él y señala la existencia de discordancias entre las pudingas oligocenas.

Simultáneamente al trabajo de Misch apareció otro del también alemán G. Selzer, «Geología de las sierras sur-pirenaicas del Alto Aragón», que estudia la zona, en líneas generales, comprendida entre los ríos Ésera y Aragón. Su trabajo cubre el ángulo SO. de nuestra zona. Estratigráficamente no entra en muchos detalles, pero en general la cartografía, a su escala, es correcta, lo mismo que la interpretación tectónica. También aporta datos interesantes para el conocimiento paleogeográfico de la región.

P. Hupé presenta una comunicación verbal en la sesión del 2-IV-1936 de la Sociedad Geológica de Francia, en la cual señala varios puntos de neta discordancia entre el Jurásico y el Aptense de los Pirineos aragoneses, deduciendo por tanto la existencia de movimientos de edad neokimmérica.

En 1945, A. Marín, apoyándose en una idea de Marcel Chevalier, en un trabajo sobre la depresión del Ebro, explica la orogénesis pirenaica por la aproximación de las mandíbulas que constituían al norte los Pirineos y al sur la Cadena Costera Catalana, teniendo como contrafuerte al SO. la Cordillera Ibérica. Supone que la Cordillera Ibérica y la Costera Catalana no son en realidad más que una sola con punto de inflexión en Valderrobles-Alcañiz, siendo también partidario del arco que une la Ibérica con los Pirineos.

Clemente Sáenz, en una interesante conferencia leída en la Universidad de verano de Jaca, en 1941, expone la estructura general de la cuenca del Ebro, omitiendo sin embargo la existencia del macizo del Ebro durante el Mesozoico superior.

En 1947 aparece un trabajo de J. M. Ríos sobre diapirismo, verdaderamente importante, en el cual, además de numerosas opiniones y experiencias personales, recopila y clasifica la gran variedad de teorías existentes, que oscilan entre el concepto de diapirismo por isostasia pura de Lachmann y Arrhenius y el de empujes tangenciales relacionados con movimientos orogénicos de la escuela de Stille y en particular de Lotze.

En 1947 también, Almela y Ríos publican su «Explicación del mapa geológico de la provincia de Lérida», en 1951 un estudio geológico de la zona subpirenaica aragonesa y de sus sierras marginales, y unos años después en 1957, en colaboración con Alastrué, la memoria de Huesca. En ellos hacen una síntesis de todo lo anteriormente publicado, que agregado a sus numerosos trabajos en esta región colocan estas obras como las más avanzadas y completas de las publicadas hasta nuestros días.

Finalmente, en 1953 y 1955 se editan las hojas del Instituto Geológico de Artesa de Segre y de Isona, que por su vecindad a la nuestra nos han sido de mucha utilidad.

HISTORIA GEOLÓGICA DE LA REGIÓN

Creemos necesario hacer un resumen de la paleogeografía de la zona de los Pirineos centrales, zona donde está enclavada nuestra Hoja. Las ideas que en este capítulo exponemos están basadas especialmente en los trabajos de Mallada, Vidal, Misch, Selzer, Almela y Ríos y en las observaciones realizadas por nosotros.

TRÍAS.—La formación más antigua en Benabarre es el Trías. El Trías en su facies típicamente germánica nos indica una sedimentación lagunar y completamente uniforme en esta parte central de los Pirineos. En esta época no se observa una cuenca especial pirenaica.

RÉTICO.—Durante el Rético el mar comienza a invadir las áreas antiguamente ocupadas por el Trías; viene avanzando desde el Este según señala Ashauer. Las carníolas que abundan en estas formaciones nos señalan este período de transición entre las deposiciones lacustre y marina. Misch ha observado en los Pirineos marginales condiciones salobres como indican los yesos de Camarasa.

LÍAS.—Esta transgresión, iniciada en el período anterior, se hace franca durante el Lías medio y superior. Los mares liásicos ocupaban una cuenca que se extendía desde la Meseta Central española hasta el Plateau Central francés, aunque en esta amplia región no todo quedaba sumergido. El «umbral alto aragonés» de los alemanes, que en épocas posteriores adquirió plena realidad, puede que se iniciara ya en ésta e hiciera que al oeste del Ribagorzana no haya sedimentación; por otra parte también es muy probable que en la actual cuenca del Ebro quedaran islotes sin cubrir. Abona esta hi

pótesis un reciente sondeo hecho casi en el centro de la cuenca, sondeo que ha alcanzado directamente el Paleozoico después de atravesar el Oligoceno, aunque esta falta de sedimentación liásica podría explicarse por una erosión posterior cuando el macizo del Ebro emergió.

El Lías medio y superior aflora en nuestra Hoja en muchos sitios con abundante fauna del Charmutense y Toarcense.

DOGGER.—El Dogger alcanzó un espesor algo mayor, debido a un hundimiento de la cuenca; nosotros hemos observado en el ámbito de la Hoja de Benabarre que esta formación disminuye en potencia a medida que se marcha de Este a Oeste. En Tolva el espesor de las dolomías del Dogger es sensiblemente menor que en el Montsech, cosa que por otra parte confirma la proximidad del «umbral alto-aragonés».

Después del Dogger ocurre una emersión que dura hasta el Aptense inferior. En la superficie de nuestra Hoja falta completamente el Malm y toda la serie cretácea inferior, Neocomiense y Barremense, aunque en la vecina hoja de Isona, en Santa María de Meyá, se ha encontrado un nivel de calizas grises litográficas, del tipo de las de Solenhoffen, y que, como allí, contienen abundantes restos fósiles muy bien conservados que se atribuyen al Portlandés.

Almela y Ríos señalan que el Cretáceo inferior en la región de los Pirineos centrales tiene como yacente tanto el Lías como el Dogger y el Malm. Ellos lo atribuyen en ocasiones a movimientos de emersión con interrupción de la sedimentación, quizás de fase intradogger, otras veces está acusada la acción erosiva que posterior a la emersión ha originado además la desaparición de parte de los sedimentos. Nosotros en esta región atribuimos la laguna estratigráfica, siguiendo a Misch, a una emersión al final del Dogger que se prolonga hasta el Aptense y durante la cual hubo depósitos aislados del Dogger de facies continental, como las calizas de Santa María de Meyá, situadas a poca distancia a poniente de nuestra zona.

La existencia de bauxitas y formaciones lateríticas que aparecen sobre el Jurásico y cubiertas por el Cretáceo—hoja de Artesa de Segre—nos señalan esta emersión y el régimen continental necesario de meteorización intensa que se requiere para la génesis de este tipo de criaderos.

APTENSE-ALBENSE.—En el Aptense comienza a señalarse el que luego va a ser geosinclinal pirenaico, caracterizado por el espesor de sus sedimentos y por su facies marina de calizas de requienias y orbitolinas. De todas maneras hasta el Cretáceo superior alto no se formó una cuenca de sedimentación uniforme, cosa que ya ocurría en los Pirineos septentrionales.

desde el Aptense. En la hoja de Artesa de Segre, Almela y Ríos han reconocido el Turonense con radiolites, inoceramus e hippurites. En la de Isona se halla el Cenomanense y en la nuestra no existe ni Turonense ni Cenomanense, según Misch, aunque es difícil asegurarlo. Esto confirma que hasta el Senonense la cuenca de sedimentación era irregular.

En el Aptense, como decimos, se formó un surco cuyo eje pasaría por la alineación de Pedraforca, Prada, San Juan y se prolongaría por la actual cuenca de Tremp. La profundidad de este surco debía ser grande; Misch habla de 1.000 metros de sedimentos entre el Segre y el Ribagorzana. Por el Norte esta depresión quedaría limitada por un umbral axial central que se reconoce en la serie de Cadí, donde los espesores se reducen claramente. Por el NO. de la provincia de Lérida el mar aptense rodea el umbral enlazando con el surco aptense francés. Este umbral sería la prolongación del umbral axial oriental, el «Zentral Pyrenaische Schwelle» de Ashauer, que separaba el surco aptense provenzal del catalán. Por el Oeste el surco quedaba limitado por lo que los alemanes llaman «el umbral alto-aragonés», anteriormente citado, que no quedará cubierto hasta el Cretáceo superior. Esto lo confirmamos en nuestra Hoja por la manifiesta reducción de espesores del Aptense en Tolva, comparándoles con los que tiene este piso en el Montsech.

Por el Sur los sedimentos decrecen rápidamente, indicando el borde del surco. En el Montsech, el Aptense presenta un espesor de unos 250 m. como máximo.

En el anticlinal de Millá, en el extremo SO. de la Hoja, no hemos podido encontrar esta formación. Por lo tanto, la extinción parece se realiza entre este anticlinal y el Montsech, es decir, de una manera bastante rápida.

Más al Sur, ni Misch, ni Selzer, ni Almela y Ríos señalan la existencia del Aptense. En el estudio de la hoja de Os de Balaguer, limítrofe por el Sur a ésta, trabajo posterior, hemos encontrado en el flanco del sinclinal de Os, un nivel de calizas, en contacto con las areniscas de ciclolites del Santonense, en donde hemos hallado un magnífico ejemplar de *Toucasia carinata* Math., que determina sin género de dudas la existencia del Aptense. Este hallazgo fuerza a extender más al Sur el límite de este piso.

De todas maneras, la poca potencia del Aptense hallado nos indica la proximidad del Macizo del Ebro, que emerge en esta época o quizá, antes, en el Jurásico, enlaza por el NO. con el «umbral alto-aragonés» y por el NE. con el «umbral transversal del Ampurdán» de Ashauer, que se inició en el Cretáceo inferior culminando durante los movimientos de la fase austriaca.

Durante la parte alta del Aptense la cubeta se amplía, según Misch, hacia

el Oeste; en cambio retrocede por el sur. El Montsech presenta intercalaciones de lignitos y de arenas que señalan este retroceso.

CENOMANENSE-TURONENSE.— En esta época los mares ocupan una extensión mucho más reducida que en la anterior. En las sierras meridionales subpirenaicas parece faltar en general la sedimentación, aunque Ríos y Almela atribuyen al Turonense unas areniscas abigarradas con hippurites, radiolites e inoceramus en la hoja de Artesa de Segre.

En el Montsech situado en nuestra Hoja no hemos podido determinar ni el Cenomanense ni el Turonense; si existen su potencia será muy reducida. Tampoco parecen hallarse más al Norte, en la sierra de Cadí, Pedraforca y Odén. En cambio, en la sierra de Prada-San Juan se inicia el Cretáceo superior con unos bancos calizos margosos de débil espesor con ostreas, rhynchonellas e hippurites del Cenomanense-Turonense. A su vez estas formaciones avanzan en dirección NO. sobre el umbral alto-aragonés.

En resumen, el surco cenomanense-turonense por el Sur parece se había replegado, situándose más septentrionalmente, probablemente en la Conca de Tremp. Por el Oeste avanza hacia el NO. y por el Este se conserva el mismo límite que señala el umbral transversal del Ampurdán.

Por el NO. Misch ha reconocido la existencia de un umbral axial central, que en el período anterior, durante el Aptense, ponía en duda. Sin embargo, por el Norte debió existir una amplia comunicación con la cuenca marina nor-pirenaica.

En el supuesto de una ausencia de sedimentación cenomanense-turonense, hemos de deducir que la regresión albense y la transgresión coniacense correspondientes a esta laguna estratigráfica, debieron pasar por esta zona con cierta rapidez, ya que el espesor de sedimentos detríticos del final del Albense y principio del Coniacense es pequeño, aunque claramente observable. Estos sedimentos están representados por una facies margo-arenosa, amarillenta y rojiza típica, inmediatamente encima de la cual se suelen encontrar abundantes hippurites coniacenses.

También cabe que durante el período de emersión la erosión eliminase gran parte de los sedimentos costeros producidos por la regresión, pero al menos la transgresión tuvo que ser rápida, pues los sedimentos detríticos de éste quedaron protegidos por la deposición siguiente.

Esta observación de la rapidez de la transgresión es aún más clara en la laguna estratigráfica existente entre el Dogger y el Aptense, donde apenas se observa deposición costera.

CONIACENSE.— Durante el Coniacense se inicia una transgresión que

culminará en el período siguiente, en el Santorense. Los mares siguen avanzando hacia el NO. y de nuevo hacia el Sur. En el Montsech hemos podido reconocer la serie que anteriormente citamos, margas arenosas amarillentas y caliza margosa con hippurites. Más al Sur, en el anticlinal de Millá ya citado, a unos cinco kilómetros del Montsech, no la hemos podido reconocer. Almela y Ríos, en su hoja de Artesa de Segre, no la señalan, ni tampoco Misch más al Sur; por lo tanto hay que deducir que en esta época se inicia una transgresión, que desplaza un poco meridionalmente el borde del surco y que da por resultado encontrar sedimentos coniacenses en el Montsech. Por lo demás, salvo el mencionado avance por el NO., donde alcanza la mancha de Barbarrens, ocupa la misma extensión que durante el Cenomanense.

SANTONENSE.— En el Santonense, la transgresión que se inició durante el Coniacense se hace ahora franca. Avanzan los mares considerablemente hacia el Sur y ocupan la zona de las sierras subpirenaicas más meridionales, y en éstas, el Santonense presenta una facies detrítica arenosa que va volviéndose margosa a medida que avanzamos hacia el Oeste. En el Montsech es margoso-calizo, preferentemente lo primero; en la sierra de Turp-Aubens, eje ahora del surco, pues se ha desplazado un poco hacia el Sur, los sedimentos son margosos y bastante potentes. Al Norte y al Oeste se vuelve calizo. Se deduce, de todo ello, que el aporte detrítico ha venido del Sur, del macizo del Ebro.

Los límites de la cuenca santonense, por el Oeste, son prácticamente los mismos que en el período anterior, y por el Este están definidos por el umbral transversal del Ampurdán, que se inició en el Cretáceo inferior en forma de plataforma litoral y que merced a los movimientos austríacos ha adquirido ya plena realidad en esta época.

Durante el Santonense, Misch señala que no llega a erigirse por el Norte umbral, pues no hay señales en esa dirección de borde alguno de cuenca.

CAMPANIENSE.— Durante el Campaniense acontece la gran transgresión que inunda por completo el umbral alto-aragonés, poniendo en comunicación la cuenca de los Pirineos centrales con la de los occidentales. Los mares también invaden los anteriores límites del Santonense con inusitada fuerza, depositando espesores considerables de sedimentos calizos, aun en la más meridional de las sierras subpirenaicas, aunque se observa a medida que se avanza hacia el macizo del Ebro una reducción de espesores.

En el ámbito de nuestra Hoja, el Campaniense presenta una facies caliza potente. Junto con el Maestrichtense alcanza una potencia que rebasa los

1.300 metros. El eje del surco cae un poco más al Norte, por encima de Aren y Tremp. Allí el Campaniense presenta una facies margosa.

Los mayores espesores se encuentran entre el Ribagorzana y el Ésera, donde según Misch las margas senonenses alcanzan una potencia de dos mil metros.

Por el Norte el límite de la expansión la señalan los conglomerados de la sierra de Cadí.

MAESTRICHTENSE. — En el Maestrichtense inferior se conservan las mismas condiciones que en el Campaniense. Sigue hundiéndose el antiguo «umbral alto-aragonés», donde se llegan a depositar espesores de hasta mil metros.

En el Montsech presenta una facies caliza parecida a la del Campaniense.

Durante el Maestrichtense superior se inicia la regresión. Las areniscas bastas que aparecen entre el Ribagorzana y el Segre señalan este movimiento. El material detrítico está hecho a expensas del umbral axial central que en esta época debía existir al Norte, lo cual basa Misch en el acuñaamiento que hacia el Sur presenta esta facies arenosa.

En el sondeo de Soterraña, que durante los años 1939-42 hizo el Instituto Geológico, se llegó hasta los 1.765 m. no saliendo de la formación Maestrichtense-Campaniense. Don Joaquín Mendizábal, que analizó el resultado de los primeros 812 m., señala que a los 506 m. se encontraron orbitoides del Maestrichtense.

PALEOCENO. FACIES GARUMNENSE. — La regresión señalada a finales del período anterior se acusa ahora produciendo la desaparición del mar en la mayor parte de la zona de los Pirineos centrales, aunque al Oeste del Ésera, hacia el NO., quedó una región sumergida.

La sedimentación continúa aún en régimen continental, y los espesores mayores se encuentran en el eje de la cuenca, que estaba en la zona de Tremp-Aubens y en la actual Conca de Tremp. Rebasa los 1.000 metros. Estos espesores se van reduciendo a medida que nos vamos acercando a los bordes del surco. En el Montsech el Garumnense alcanza los 450 m., disminuyendo hacia occidente. Al sur del Montsech hemos medido unos 200 m. de Garumnense y al marchar hacia el Sur esta potencia se conserva sensiblemente, con tendencia a ir disminuyendo; al NO. de San Salvador, en la mitad meridional de la hoja de Os de Balaguer, el Garumnense tiene alrededor de 175 m. de potencia. Respecto a las edades a que pertenecen estos sedimentos de facies garumnense, margas abigarradas, arenas, calizas, nos inclinamos a creer que están comprendidas entre el final del Maestrichtense

y el comienzo del Ypresense, es decir, durante todo el Paleoceno inferior y medio, puesto que estas formaciones continentales tienen como techo las calizas de alveolinas del Ypresense y como muro las areniscas del Maestrichtense, y no hay razón alguna para suponer un hiato en la sedimentación durante todo el comienzo del Eoceno. Se observó en nuestra zona, y en la más extensa estudiada por Misch, una absoluta concordancia y se ve además una regular transición, por una parte del Maestrichtense a la formación a que nos estamos refiriendo, y por otra de ésta a las calizas de alveolinas ypresenses.

Resumiendo, para nosotros el Garumnense es una facies continental que no solamente comprende el Danés, sino también el Montiense, Thanetense y Sparnaciense.

YPRESENSE. LUTECIENSE INFERIOR. — Después de este período de sedimentación continental los mares vuelven a invadir sus antiguos ámbitos; la invasión es gradual, con pequeñas regresiones al principio, pues algunas veces se van alternando calizas de alveolinas con margas abigarradas típicas de deposición lacustre.

En nuestra Hoja, en el flanco meridional del Montsech, unos kilómetros al sur del pueblo de Corsá, se puede reconocer esto.

La caliza de alveolinas, que es la facies característica, indica por la variación de su aspecto al marchar de Norte a Sur (al norte de la cuenca de Tremp llega a ser sustituida por margas, mientras que al sur se hacen arenosas) que la línea de costa meridional avanza sobre el macizo del Ebro, debiendo a la erosión de éste el aporte detrítico.

Por el Norte, el eje del surco ocupa sensiblemente la misma posición que en el Cretáceo superior; por el Este y el Oeste, los dos umbrales transversales, el del «Ampurdán» y el «Alto-Aragónés», empiezan a funcionar como geosinclinales. Por vez primera hay una clara comunicación desde el mar Mediterráneo hasta el golfo de Vizcaya.

Esta transgresión eocena que comienza por calizas de alveolinas de facies poco profunda se caracteriza por la gran cantidad de rápidos avances y retrocesos de las aguas, reflejadas en la diversa composición litológica de los numerosos lechos indicadores de las constantes variaciones en las condiciones de sedimentación.

EOCENO MEDIO Y SUPERIOR. — En el Eoceno medio se hace patente la existencia de un umbral axial central sometido a un fuerte movimiento ascendente, de la erosión del cual, proceden los sedimentos elásticos, detríticos, que abundan en este período, dando lugar todo ello a una facies flysch

que es sustituida hacia arriba por una serie límnica que representa al Bartonense y Ludense. En cuanto a los límites de la cuenca eocena, los sedimentos aumentan sensiblemente de espesor hacia el oeste de nuestra Hoja, lo que indica que se habían desplazado en esa dirección, cosa que se había iniciado ya a finales del Cretáceo.

Por el Sur, los mares eocenos avanzan francamente sobre el macizo del Ebro, que a finales de esta época se hundirá para convertirse en la actual fosa del Ebro.

Al final del Eoceno hay una elevación general de la cuenca y una regresión marina.

OLIGOCENO.—Al final del Eoceno empiezan los movimientos que en nuestra zona dieron lugar a los plegamientos principales. Son de edad pirenaica. Los conglomerados oligocenos claramente se encuentran transgresivos y discordantes sobre los terrenos más antiguos que recubren. Selzer, en el estudio que hizo al Oeste, indica que los plegamientos son de edad sálica y Ashauer, al Este, afirma lo mismo.

Por lo tanto podríamos resumir que marchando de O. a E. hasta el Cinca, los plegamientos principales serían postoligocenos, de edad sálica; del Cinca al Segre de edad pirenaica, y desde el oeste del Segre otra vez de edad sálica.

En el ámbito de nuestra zona hemos podido observar el Oligoceno ligeramente plegado, lo que nos señala que también en esta región hubiera plegamientos intraoligocenos, pero repetimos que creemos que los principales son preoligocenos.

IV

ESTRATIGRAFÍA

Triásico

MUSCHELKALK.—En la extensa mancha triásica que aparece al SO. de la Hoja, entre Pilzán, Caserras y Estopiñán, formada principalmente por margas yesíferas abigarradas del Keuper, se encuentran multitud de pequeñas masas de caliza negra fétida, caliza margosa tableada amarilla o gris y carniolas, todas ellas trastornadas y que están repartidas en las margas yesíferas de forma bastante caótica, como suele ser corriente en la tectónica salífera. La falta de fósiles característicos y la dificultad de separar los distintos tipos de estas rocas, que por otro lado embrollaría el mapa, nos ha decidido a incluirlas todas, en conjunto, como pertenecientes al Muschelkalk, siguiendo a Dalloni.

Este autor encontró en las calizas tableadas:

Posidonomya minuta Alb.

Arca triasica ? Roemer.

Nucula gregarea Munster.

Natica gregarea Munster.

Myophoria.

Fucoides.

por lo que clasificó todas estas rocas como pertenecientes al Triás medio.

Almela y Ríos, en la hoja de Artesa de Segre, encontraron un tramo de calizas negras fétidas, con fauna gregaria, encima de las margas abigarradas del Keuper unas veces, y rodeada por éstas otras, en que parecían ser inferiores al Keuper.

Nosotros hemos encontrado estas calizas, en Tolva, aplastadas contra el

Cretáceo en una posición que resulta difícil explicar si fueran inferiores al Keuper.

Por otro lado, hay carniolas idénticas a las que aparecen entre el Keuper y el Lías, y aparentemente concordantes con este último, en casi todos los afloramientos del Trías a lo largo del borde sur de la sierra del Montsech y que nosotros hemos atribuido al Rético.

Todo esto nos hace creer que parte de los afloramientos calizos de este accidente, de tipo salífero, provengan del Muschelkalk y que hayan sido arrastrados por el Keuper en su ascenso, mientras que otros, con características semejantes, proceden de la cobertura del mismo y se encuentren flotando en las margas yesíferas.

KEUPER.—Aparece, como hemos dicho, en una extensa mancha comprendida entre Pilzán, Caserras y Estopiñán y también en Tolva, en ambos casos debido a fenómenos de tipo diapírico. Hay otra mancha relativamente grande en Monfalcó, donde las margas abigarradas forman el núcleo del anticlinal del Montsech. Por último hay muchísimas manchas pequeñas que jalonan la falla de la vertiente meridional de la sierra del Montsech.

Está formado, como es corriente, por margas yesíferas abigarradas con algunos banquitos de caliza margosa. En general aparece muy trastornado y con apuntamientos ofíticos, sobre todo en las manchas de Estopiñán y Tolva. En Monfalcó, el Keuper que forma el núcleo del anticlinal está menos trastornado, sobre todo en los bordes, y se puede seguir, en él, la estructura del anticlinal.

Sus afloramientos en las fallas del borde sur del Montsech se reducen, en general, a pequeñas manchas alargadas de 2 a 10 m. de anchura, alineados según la marcha de las fracturas. Algunas veces se encuentran afloramientos más importantes, como en el borde este de la Hoja o como al este y sur del más de en Gasol. La mayoría de estos afloramientos han tenido que ser exagerados para que tengan representación en el mapa.

Liásico

LIÁSICO INFERIOR.—En la falda sur del Montsech, entre las margas yesíferas del Keuper y el Lías medio, hay un tramo generalmente poco potente de carniolas, seguido en algunos puntos por dolomías brechosas oscuras, que por su posición y características litológicas hemos atribuido al Rético.

Por encima están las margas del Lías medio y superior.

Su potencia varía mucho de unos puntos a otros. Puede llegar a los cincuenta metros. A veces el tramo se reduce a las carniolas amarillentas con muy poca potencia.

Se presentan con bastante regularidad a todo lo largo de la sierra del Montsech. En el anticlinal de Monfalcó aparecen también rodeando al Trías y, como hemos dicho al tratar del Muschelkalk, es posible que parte de las carniolas y dolomías negras que flotan en el Trías de Estopiñán pertenezcan al Lías inferior.

Al sur de Tolva, a la entrada del barranco del Cajigar, hay unas calizas negras fétidas, bien estratificadas, bastante potentes, en contacto con el Keuper, por el Norte, y con calizas cretáceas, por falla, por el Sur. Por su aspecto son muy semejantes a las que afloran entre el Trías en la mancha de Caserras-Pilzán-Estopiñán, pero su posición resulta muy difícil de explicar si las consideramos como pertenecientes al Muschelkalk. Posiblemente pertenecen al Lías inferior y en el mapa se han dibujado atribuyéndolas a este piso.

Al sur de las minas de lignito de Corsá y muy cerca de ellas hay un pequeño afloramiento de calizas fétidas casi litográficas, exteriormente blancas por meteorización, pero negras en fractura. Parecen concordantes con el Aptense que les sirve de techo, formando un pequeño anticlinal. Por su aspecto podrían incluirse en el Lías inferior, pero por su posición parecen mucho más modernas. Si pertenecen al Lías inferior hay que suponer que la erosión ha hecho desaparecer todo el Lías medio y superior y las dolomías del Dogger, que afloran unos cientos de metros al Sur, antes de la deposición del Aptense, lo que no parece probable.

Por otra parte, no hemos visto calizas semejantes en el Lías medio y superior. Se podrían suponer jurásicas, pero en esta Hoja no hemos encontrado afloramientos de este piso por encima de las dolomías, como los que se ven en la hoja de Isona, contigua a la nuestra. Las descripciones de las calizas del Kimeridgense de estos afloramientos no parecen corresponder a la caliza de Corsá.

LIÁS MEDIO Y SUPERIOR.—En el flanco norte del anticlinal de Monfalcó, por encima del tramo anterior, hay un extenso afloramiento de calizas margosas y margas, con algunos bancos de caliza detrítica bastante duras, todo ello con tonos pardoamarillentos a veces ferruginosos con abundantes fósiles del Lías medio y superior. Dalloni cita una extensa lista de fósiles recogidos por él en este lugar. Nosotros hemos encontrado:

- Rhynchonella tetraedra*, Sow.
 — *bouchardi*, Dav.
 — *northamptonensis*, Dav.
Terebratula mariae, d'Orb.
 — *thomasensis*, Choff.
Zeilleria punctata, Sow.
 — *edwardsi*, Dav.
 — *jauberti*, Desl.
Waldheimia lycetti, Dav.
 — *sartacensis* Dav.
Spiriferina alpina, Oppel.
Gryphaea cymbium, Lam.
Pseudopecten aequivalvis, Sow.
Nucula aff. *nina*, Borisj.
Dumortieria radians, Reim.
Bassaniceras bassani, Fuc.
Pasaloteuthis pasillosus, Schl.

Este tramo queda oculto más al Este bajo las dolomías del Dogger y el Aptense, para reaparecer más allá, cerca del más d'en Gasol, debido a las fallas que limitan el Montsech por el Sur. Continúa a lo largo de esta sierra cortado frecuentemente por fallas transversales, pero los derrubios procedentes de los cejos de calizas cretáceas dificultan mucho su estudio. Desde el más d'en Gasol hasta el norte de Ager el Lías queda en contacto por fallas con el Aptense, quedando ocultas las dolomías del Dogger. Al norte de Ager, siempre en la falla de la sierra, vuelven a asomar las dolomías, por lo que hacia el Este, al estar el Lías más limpio de derrubios cretáceos, se puede estudiar mejor.

Cerca de la Ermita de Piedra, por debajo de las dolomías, aparece el Lías muy completo, formado de abajo arriba por:

- | | |
|---|--------|
| a) Dos tramos de caliza gris dolomítica, oscura en fractura, con caliza margosa entre ambas..... | 20 m. |
| b) Margas arenosas amarillentas poco fosilíferas | 30 m. |
| c) Calizas detríticas (con granos de cuarzo, cuajada de fósiles)..... | 10 m. |
| d) Caliza margo-arenosa y margas amarillas con algunas bancadas fosilíferas (con ammonites) | 100 m. |

Encima las dolomías del Dogger.

En el tramo c) se han recogido:

- Rhynchonella rimosa*. Busch.
 — *dumbletonensis*, Dav.
 — *northamptonensis*, Dav.
 — *bouchardi*, Dav.

- Terebratula thomasensis*, Choff.
Zeilleria punctata. Sow.
 — *subpunctata*, Dav.
 — *jauberti*, Desl.
Waldheimia resupinata, Sow.
 — *cornuta*, Sow.
Spiriferina alpina, Oppel.
Pseudopecten aequivalvis, Sow.
Chlamys textorius, Schl.
Pholadomya idea, d'Orb.

y algunos otros que pueden verse en el capítulo de paleontología. Casi todos caracterizan el Charmutense. En los bancos más altos de estas calizas abundan los belemnites y se encuentran fósiles toarcenses:

- Waldheimia lycetti*, Dav.
Natica pelops, d'Orb.
Salpingoteuthis trisulcatus, Blainv.
 — *acuarius, ventricosus*, Quenst.

En el tramo d) posiblemente está presente el Aalenense.

Esta faja de Lías continúa ya hasta el borde este de nuestra Hoja.

Al sur de esta banda hay otros afloramientos discontinuos del mismo terreno, casi siempre fosilífero.

En el anticlinal de Millá el Noguera Ribagorzana hace un profundo corte que deja al descubierto el Lías superior con características semejantes y con abundantes fósiles, de los que haremos una relación en el capítulo correspondiente.

Jurásico

DOGGER.—Encima de las margas del Lías superior hay unos bancos potentes de dolomías oscuras, con estratificación muy poco marcada, que tienen por techo las calizas del Aptense inferior, en toda la sierra del Montsech y en Tolva, y que a partir del sinclinal de Fet, hacia el Sur, tienen por techo el Neocretáceo.

Son azoicas, pero la mayoría de los autores a partir de Vidal las atribuyen al Dogger. En la vecina hoja de Isona, entre las dolomías y el Eocretáceo se intercalan calizas litográficas kimeridgensas, lo que corrobora, como hace notar Vidal, la atribución de las dolomías al Jurásico.

La potencia de estas dolomías varía bastante, cosa lógica teniendo en

cuenta la emersión y erosión correspondiente que sufrieron entre el Jurásico superior y Aptense. En la parte oriental de la Hoja, en la falda sur del Montsech, su potencia está comprendida entre 200 y 250 metros. También se encuentran en el anticlinal de Monfalcó y después de desaparecer bajo las pudingas oligocenas vuelven a aflorar al sur de Tolva, pero con potencia muy disminuída, no más de 20 ó 25 metros.

En la hoz del Ribagorzana, en la sierra de Pilzán, también quedan al descubierto, pero tienen una potencia menor que en el Montsech.

Cretáceo inferior

APTENSE.—Por encima de las dolomías del Dogger hay unas calizas de grano fino y colores claros, en general bastante fracturadas, en las que es difícil seguir la estratificación. Suelen estar atravesadas por filoncillos de calcita. Se encuentran rudistos en ellas, pero tan encajados que resulta casi imposible el extraerlos. Al este del más d'en Gasol hay en estas calizas pequeñas bolsadas de hematites y en esta zona se ven restos de fósiles piritizados, que por la meteorización resultan inclasificables.

Estas calizas se presentan a todo lo largo del Montsech, conservando siempre sus características, lo que las hace fácilmente identificables, aunque su potencia, a partir del Noguera Ribagorzana, va disminuyendo hacia el Oeste. En Tolva ya han llegado a desaparecer.

A partir de estas calizas de facies urgoniana el Aptense se hace margoso y detrítico. Este segundo tramo comienza por calizas tableadas margosas amarillentas, en las que hemos recogido:

Toucasia carinata, Math.

Trochomilia noviani, De Angelis.

Peplosmilia fromenteli, De Angelis.

— aff. *casañasi*, De Angelis.

Sigue con margas, calizas y areniscas, generalmente de tonos amarillentos exteriormente. Las margas calizas suelen ser grisazuladas en fresco.

Hay unas capas de lignitos que se explotan junto al Ribagorzana, y que han sido objeto de intentos de explotación en otros puntos. En general tiene por techo caliza.

Su potencia es variable y no llega a un metro, pero a pesar de que suele aparecer cubierto de derrubios aflora en algunos puntos a lo largo de la sierra, por lo que parece tener bastante continuidad.

En las margas hemos encontrado:

Terebratula tamarindus, Sow.

— sp.

Rhynchonella irregularis, Pictet.

Pecten achates, Coq.

— sp.

Natica rotundata, Sow.

Cerithium picteli, Coq.

— *valeriae*, Vern.

Vycaria luxani, Coq.

— *picteli*, Coq.

— *renevieri*, Coq.

Trochomilia portisi. De Angelis.

— *neviani*, De Angelis.

— *sandalina*, De Angelis.

Peplosmilia sp.

Epismilia sp.

Orbitolina conoidea, Grass.

— *lenticularis*, Blum.

Estos dos últimos abundan muchísimo en este tramo a distintas alturas.

Por encima hay areniscas y a éstas siguen unas calizas que forman el siguiente cejo de la sierra. En la parte baja de estas últimas aparecen bastantes ostreas. Hemos encontrado *Exogira bousingaulli*, d'Orb.

En general a estas calizas siguen otras, más amarillentas, ya coniacenses, que describimos más adelante, pero en algunos puntos se intercalan entre ambas unas arenas de tonos vivos rojizos y amarillentos que parecen albenses.

Respecto a la clasificación de todos estos terrenos que venimos describiendo como aptenses, hemos de hacer notar que Dalloni considera las calizas superiores como cenomanenses, mientras que otros autores prescinden de este último piso al no poder establecer su existencia claramente, aunque sin negar que pueda existir. Si estas últimas calizas fueran efectivamente cenomanenses, las arenas que hemos descrito, superiores a ellas, podrían ser turonenses, lo que encajaría bastante bien con el Turonense que hay más al Sur y que describen Ríos y Almela en la hoja de Artesa de Segre.

Hemos dado la distribución de los afloramientos de las calizas inferiores de este piso. Las margas y calizas superiores afloran también a todo lo largo de la falda del Montsech, pero además se encuentran también en Tolva aunque con potencia muy disminuída. También aparecen en el flanco sur del anticlinal de Monfalcó. No se ven, en cambio, en el anticlinal de Millá. Es decir, que aunque su área de deposición es superior al de las calizas inferiores, su límite está por el Sur en el sinclinal de Fet.

Neocretáceo

CONIACENSE.—Siguiendo la serie del Montsech, sobre las calizas con *Exogira boussingaulti*, descritas en el Aptense, el Coniacense forma un tramo bastante potente, constituido por unas calizas amarillentas a las que siguen calizas arenosas y areniscas más o menos margosas, terminando por otro banco de calizas que forma el último escalón antes de la gran masa de calizas que corona la sierra.

En las calizas detríticas y en las areniscas abundan enormemente los rudistas, por lo que resulta este piso fácilmente identificable. Aunque la abundancia de ejemplares de estos rudistas es grande, no hay gran riqueza en especies, que casi siempre se reducen a

Orbygnia resectus, Defr.

— — var. *incisa*, Douv.

Radiolites radiosus, d'Orb.

La potencia del Coniacense, de unos 200 m. en la parte oriental de la Hoja, va aumentando a lo largo de la sierra hacia el Oeste, hasta alcanzar unos 300 m., con los que continúa en el Montsech aragonés hasta desaparecer bajo el Oligoceno. En Tolva vuelve a aflorar, pero con potencia mucho menor, aunque con las mismas características. También está representado en el flanco sur del anticlinal de Monfalcó.

Tampoco sobrepasa el sinclinal de Fet hacia el Sur.

SANTONENSE.—Una serie potente de margas arenosas y areniscas, que llegan a tener 450 m., forma este piso. Son de colores pardoamarillentos, y destacan en el relieve a lo largo de toda la sierra formando un declive suave entre las calizas campanienses y las coniacenses. En general es un tramo blando, pues aunque tiene bancos duros de areniscas éstos son fácilmente meteorizables. Entre las margas hay también caliza margosa rosada que por meteorización suele dar tonos rojizos al terreno.

En las margas que hay en la base, junto a las calizas con *Orbygnia resectus* del Coniacense hemos encontrado *Placosmilia vidali*, Mallada, con trigonias y *Exogira peroni*, Coq., con lo que el límite inferior de este piso queda bien establecido.

Más arriba, en las margas y areniscas se encuentran bastantes fósiles, de los que se puede ver una lista en el capítulo de paleontología.

En la parte alta las margas se hacen más calizas al pie del último escalón de la sierra, pasando a caliza margosa en bancos. Por encima está ya la caliza en masa que hemos atribuido al Campaniense, aunque en la base puede que sea Bartonense. En las calizas margosas en bancos hemos recogido cerca del Coll d'Ares:

Radiolites sp.

Nerinea sp.

Vaccinites lotus, Math.

Este último indica que todavía pertenecen al Santonense superior.

El Santonense se extiende a lo largo de toda la ladera sur del Montsech; su potencia en la parte este de la Hoja se conservó entre los 400 y 460 m. y va aumentando hacia el Oeste hasta el norte de Agulló, desde donde comienza a disminuir. En el Montsech de Aragón tiene unos 300 m. y más al Oeste, después de quedar cubierto por el Oligoceno, vuelve a aflorar en Tolva en ambos flancos del anticlinal, pero con menos potencia.

En el flanco sur del anticlinal del Montsech aparece al sur de Monfalcó y al norte de Ager.

Al sur de Monfalcó y en Tolva se presenta más detrítico y duro que en el Montsech, formando lechos nodulosos de 10 a 30 cm., amarillentos, muy característicos.

En el anticlinal de Millá, en lugar de encontrarse la serie completa del Montsech se encuentra ya una serie más simple, semejante a la de las sierras meridionales, pues ya hemos dicho que el Aptense y Coniacense no se depositaron al sur del sinclinal de Fet. Como se ha visto ya, encima del Lías se encuentran las dolomías del Dogger, ya mucho menos potentes. No aparece el Aptense y el Neocretáceo comienza por areniscas margosas poco potentes que se apoyan sobre las dolomías del Dogger, y a continuación se encuentran ya las calizas del Maestrichtense-Campaniense, semejantes a las del Montsech, pero mucho menos potentes.

Las areniscas margosas del Neocretáceo las hemos atribuido al Santonense, por estar inmediatamente debajo de la caliza campaniense. Este tramo sería la parte alta de las arenas y areniscas que en la hoja de Artesa de Segre clasifican Almela y Ríos como Turonense-Santonense.

CAMPANIENSE-MAESTRICHTENSE.—Compuesto principalmente por calizas en la base y areniscas y caliza arenosa en la parte alta, forma el último escalón del Montsech. A grandes rasgos se puede decir que las calizas representan el Campaniense y la parte inferior del Maestrichtense y el tramo detrítico, el resto de este último. La escasez de fósiles y los cambios la-

terales del tramo detrítico hacen esta división muy difícil, por lo que hemos agrupado ambos pisos en una misma división.

El Campaniense comienza por una masa de calizas de más de 300 m. de potencia, poco estratificada y con escasísimos fósiles, que destaca enormemente en el relieve, formando un cejo impresionante sobre el que se encuentran los vértices más altos de la sierra del Montsech (Corona, Montsech, etc.). Forman un contraste litológico enorme con las margas y calizas margosas santonenses, por lo que, a pesar de la pobreza en fósiles de estas calizas y sobre todo la falta de fósiles característicos, la hemos atribuido, de acuerdo con la opinión de casi todos los autores, al Campaniense. En la parte baja de estas calizas no se encuentran fósiles. Más arriba hemos recogido *Radiolites nouleti*? Bayle, y ya en la parte alta *Rhynchonella difformis*. d'Orb, Sigue a esta potente bancada de caliza otro tramo de calizas en bancos gruesos, con algunos horizontes más margosos, en el que abundan los restos de *Rhynchonella plicatilis*, Sow. Hacia arriba la caliza se va haciendo detrítica y se encuentran foraminíferos, ostreas y pecten. Siguen areniscas, que llegan a veces casi a pudinguilla, con granos de cuarzo muy redondeados y cemento calizo. De nuevo se encuentran calizas detríticas y por último areniscas que toman tonos rojizos en la parte alta, pasando a arcillas rojas de facies continental garumnense.

Esta descripción corresponde a la sierra del Montsech, de la que ocupan la mayor parte. Su potencia en esta sierra, en la parte oriental de la Hoja, es de más de 1.000 m. y va aumentando hacia el Oeste, hasta la altura del vértice Corona, donde llega a alcanzar aproximadamente 1.350 metros. A partir de aquí comienza a disminuir hasta sumergirse bajo el Oligoceno con unos 800 metros. En Tolva vuelve a aflorar, pero es difícil calcular su potencia por quedar semicubierto por el Oligoceno. Volvemos a encontrarlo más al Oeste, en Benabarre, donde aflora la parte alta. Sus características siguen siendo semejantes a las que tiene en el Montsech.

La sierra de Millá está formada también en su mayor parte por este piso. Aquí su potencia se ha reducido a 400 metros. Las calizas inferiores son las que constituyen casi exclusivamente el piso, pues las areniscas tienen casi desde las primeras hiladas la facies continental garumnense.

Más al Oeste, en Soriana, en el borde septentrional de la mancha triásica de Caserras y Estopiñán, se vuelven a encontrar las calizas del Campaniense-Maestrichtense, buzando fuertemente al NE., pero aquí faltan las areniscas superiores, pasando directamente las calizas a calizas margosas detríticas y margas garumnenses, sobre las que se apoyan las calizas eocenas de alveolinas.

Por último, en el sinclinal situado al sur de Pilzán vuelve a aflorar el Se-

nonense superior, formado por calizas, pasando hacia arriba a calizas margosas garumnenses, todo ello con tonos claros y características semejantes al que acabamos de describir. En las calizas hemos recogido:

Spondilus spinosus, Desh.
— *truncatus*, Gold.

GARUMNENSE. — En estas facies están comprendidos el Danés y todo el Eoceno inferior, incluso la parte baja del Ypresense. Al norte del Montsech es donde aparece con sus características más típicas, formando una banda a lo largo de toda la sierra. Abundan en ella las tierras de labor. Tiene por techo la caliza de alveolinas ypresense-luteciense inferior, y por muro, como hemos dicho, las areniscas maestrichtenses. Está formado fundamentalmente por margas rojas, con algunos bancos, de importancia muy secundaria en esta zona, de caliza lacustre. Suele presentar tonos muy vivos, que recuerdan el Keuper abigarrado. Tienen una potencia considerable al Este, donde casi llegan a 500 m., pero van acunándose hacia el Oeste, de forma que al oeste de Mongay no tienen más que 120 metros.

En Benabarre comienza por margas verdes y rojas, y encima hay bancos bastante potentes de caliza gris clara. Probablemente a estas calizas siguen de nuevo margas, pues entre ellas y la caliza de alveolinas hay una depresión que aparece cubierta por el Oligoceno. Es lógico suponer que la depresión se ha formado en una zona ocupada por terrenos blandos fáciles de erosionar.

El Garumnense del SO. de la Hoja tiene características diferentes. Está formado por calizas blancas o rosadas, alternando con margas con horizontes muy arcillosos. Sus tonos son claros y no se encuentran bancadas de caliza de la potencia que alcanza en Benabarre. El límite de esta facies con la caliza de alveolinas, que era tan claro al norte de la sierra del Montsech, que por el enorme contraste de dureza y de colorido de ambos tramos se dibujaba en el relieve, no está aquí tan acusado porque la caliza de alveolinas es más margosa y el Garumnense ha aumentado su dureza.

Eoceno

Las características principales del Eoceno en esta zona son los cambios laterales de facies en algunos de sus tramos y que los cambios de las características litológicas no corresponden a la separación de los distintos pisos.

Esto resulta lógico al considerar que la deposición de gran parte del Eoceno tuvo lugar en plena actividad orogénica, por lo que las condiciones variaban rápidamente en el espacio y en el tiempo. Por tanto nos hemos visto obligados a dividir el Eoceno de una manera un poco arbitraria, teniendo en cuenta las facies más que los pisos.

En las facies garumnenses hemos incluido el Eoceno inferior hasta el Ypresense medio inclusive, como ya hemos dicho. Para el resto del Eoceno vamos a describir en primer lugar sus características en el sinclinal de Montañana, en que ocupa todo el NE. de la Hoja y donde está más completo y mejor representado.

Por encima del Garumnense y concordante con él hay un tramo de caliza de alveolinas que resalta claramente en el relieve a lo largo de toda la falda norte de la mencionada sierra. Está constituido por bancos calizos cuajados de estos foraminíferos, que a veces forman casi exclusivamente la roca, alternando con capas margosas o margo-arenosas en general fosilíferas, y su potencia total varía mucho de unos puntos a otros, estando comprendida en esta zona entre los 150 y los 320 metros. Sufre continuos cambios laterales, que explica su variación frecuente de potencia. A veces los bancos calizos se resuelven lateralmente en margas grisazuladas.

Al norte del Montsech de Mongay un corte del tramo de caliza de alveolina nos daría:

Garumnense (margas rojas).

50 m.—Caliza compacta de alveolinas.

Caliza arenosa parda con

Schizaster sp.

Terebratula sp.

Spondilus hispanicus, Donc.

100 m.—Primer nivel margoso.

30 m.—Caliza de alveolinas.

125 m.—Caliza margo-arenosa blanda.

20 m.—Caliza de alveolina.

Areniscas con abundantes ostreas y equínidos *sin alveolinas* (comienzo del tramo siguiente).

Por arriba se pasa a un tramo detrítico en el que ya no se encuentran alveolinas, y a partir de éste hay una alternancia de facies flysch de calizas arenosas, areniscas de cemento calizo, conglomerados de grava de pequeño tamaño y margas. En la parte baja de este tramo hay margas azules con

abundancia de cerítidos. Al principio los conglomerados sólo forman pequeños bancos, con cantos redondeados de cuarzo, entre las areniscas y margas. Más arriba empiezan a encontrarse bancos potentes y con cantos de hasta 5 cm., al mismo tiempo que las areniscas tienden a desaparecer. Hay frecuentes cambios laterales y hay bancos de areniscas que hacia el Este pasan a conglomerados. Las margas grises, que por meteorización suelen aparecer con tonos pardoamarillentos, se presentan en capas más potentes y adquieren más arriba tonos vivos. Todo ello indica una regresión del mar eoceno.

Hay a continuación un tramo calizo, muy constante, que suele alcanzar una potencia de 2 a 5 metros. A partir de estas calizas hay un tramo potente de margas abigarradas con algunos bancos intercalados de conglomerados. A estas margas sirven de techo unos potentes bancos de conglomerados, muy tendidos, que avanzan transgresivamente sobre las formaciones inferiores. Estos bancos los describiremos al tratar del Oligoceno, aunque es posible que en la base sean todavía ludenses.

En resumen, se puede dividir esta serie eocena en:

- a) Caliza de alveolinas.
- b) Tramo de facies flysch.
- c) Margas y conglomerados de tipo continental.
- d) Tramo calizo.
- e) Margas abigarradas.

El tramo a) lo consideramos Ypresense superior-Luteciense inferior; el b) Luteciense medio; los c) y d) Luteciense superior y el e) Luteciense superior-Bartonense.

La caliza de alveolinas realmente representa una facies y no una edad. Ya hemos indicado que a veces pasan lateralmente a margas.

En Aren pertenecen al Ypresense, según Almela. En Artesa de Segre al Luteciense, según este mismo autor y Ríos. En nuestra zona llega al Luteciense, como lo indica la *Ostrea mousoulensis*. Astre.

En el tramo b) de facies flysch hemos recogido:

- Ostrea sicardi*, Doncieux.
- *subresupinata*, Doncieux.
- *uncifera*, Léym.
- *mousoulensis*, Astre.

La separación entre el Luteciense medio y superior la hemos puesto de manera bastante arbitraria en el paso a la facies continental. Este paso también cambia lateralmente. En la vecina hoja de Isona estos depósitos se con-

sideran como lutecienses, y esta fué nuestra primera idea al realizar el trabajo de campo, pero más tarde una nota muy interesante de Crusafont sobre el Luteciense de Capella nos ha hecho atribuir los tramos *c)* y *d)* al Luteciense superior.

En cuanto al Eoceno del sinclinal de Fet y el del sur de Pilzán, son bastante diferentes. En el sinclinal de Fet la serie comienza con caliza gris oscura, margas y caliza margosa blanca con alveolinas.

Por encima alternancia de areniscas y margas semejante al tramo *b)* del norte del Montsech, con los mismos fósiles que en aquel tramo. Hacia arriba, en lugar de las margas vinosas y conglomerados, aparecen areniscas bastas con estratificación cruzada (fot. 33).

Estas areniscas también se ven entre Tolva y Viacamp con características idénticas, donde quedan pronto cubiertas por el Oligoceno transgresivo.

Al sur de Pilzán aparece solamente el tramo de las alveolinas, formado por bancos de caliza poco potentes cuajados de estos foraminíferos, alternando con margas con orbitolites.

Oligoceno

LUDENSE.—Está integrado por conglomerados formando un banco potente en la base y luego una alternancia de conglomerados, margas y areniscas, todo con tonos anaranjados. Ocupa una extensión grande en nuestra Hoja, apareciendo en general poco plegado y discordante sobre las formaciones inferiores. Es interesante hacer notar que al Oeste de Luzás estos conglomerados son concordantes con las margas bartonenses y que siguiendo hacia el SE. a lo largo del contacto se ve que va apareciendo una discordancia progresiva y los conglomerados van cortando los distintos niveles eocenos cada vez bajo un ángulo mayor.

En la proximidad de la mancha triásica de Caserras aparece bastante levantado y en la parte norte de la estructura de Tolva llega a estar inclinado más de 60 grados. Estas estructuras están relacionadas con el diapirismo, como se verá en el capítulo de tectónica. En el resto de la Hoja tiene buzamientos muy suaves que rara vez llegan a los 20°.

V

TECTÓNICA

SITUACIÓN TECTÓNICA DE LA HOJA DE BENABARRE.—Nos encontramos en la parte central del borde sur de la gran cordillera pirenaica, una de las más jóvenes en la historia de la Tierra. Benabarre se halla en la extremidad oriental de las sierras subpirenaicas propiamente dichas y del sinclinal relleno de Paleogeno que las separa de las sierras marginales. Ambas unidades llegan por el Oeste hasta el sur de Pamplona. La vergencia de las cordilleras marginales es confusa, aunque predominando la Norte, y la de las subpirenaicas es netamente Sur. Estamos en el borde oriental del umbral alto aragonés. Aunque nos hallamos fuera de él, meridionalmente tenemos cerca el cratón del Ebro.

Esta es nuestra posición en cuanto a los Pirineos en general se refiere; limitándonos a una región más restringida, el Montsech constituye con las sierras de Aubens, Turp y Orgañá la línea interior de las dos que meridionalmente limitan la banda mesozoica sinclinal, cuyo eje de dirección aproximada E.-O. pasa por Tremp. La otra alineación, al Sur de aquélla, está formada por las sierras de Oden, Cambrils, Peramola, San Mamet y Monclús. Ambas líneas forman un anticlinorio cuyas estructuras presentan una acusada vergencia sur. La zona central sinclinal está limitada septentrionalmente por una zona de plegamientos marginales de vergencia norte. Su margen está constituido por las sierras del Cadí, Prada, San Juan, Cabó, Boumort y San Gervás. Las vergencias septentrionales, aunque no son tan marcadas ni tan intensas como las vergencias sur del margen meridional son, no obstante, bastante netas.

EDAD DE LOS PLEGAMIENTOS.—De los empujes hercinianos nada podemos decir, ya que afectaron a formaciones muy anteriores a las que

afloran en nuestra zona. A los kimméricos podemos atribuirlos la regresión acontecida en el Jurásico superior, pero no podemos asegurar la existencia de discordancia no erosiva entre el Dogger y el Aptense que nos hicieran pensar en plegamientos. Algunos autores, como P. Hupé, sí señalan esta discordancia en los Pirineos aragoneses. La inexistencia de movimientos aústricos y larámicos es evidente; sin embargo, Ashauer señala los neolarámicos en los Pirineos orientales.

Los accidentes orogénicos de la Hoja de Benabarre se deben a los empujes mesoalpinos.

La edad de los plegamientos en nuestra región es un problema que nos ha atraído particularmente. Misch es partidario de atribuirlos a la edad pirenaica. Ashauer, al este de la provincia de Lérida los clasifica como sávicos, y Almela y Ríos, aunque inclinándose algo hacia la opinión de Misch, observan que en varios lugares es difícil separar ambas fases; como por ejemplo en la zona de Cambrils-San Lorenzo, donde los plegamientos son continuos durante el Oligoceno enlazando dichas fases.

Para cualquier geólogo que haya trabajado en el Pirineo es evidente que un encasillamiento rígido de los empujes en las fases de Stille es imposible. Nosotros, dentro de lo limitado de nuestro estudio, hemos podido comprobar los siguientes hechos y a ellos y a las deducciones e hipótesis que de ellos emanen tenemos que atenernos:

- 1.º Dejando aparte el Keuper por sus características plásticas, existe concordancia entre las formaciones anteriores al Eoceno medio.
- 2.º Hay una discordancia progresiva durante el Luteciense superior-Bartonense.
- 3.º El Ludense-Oligoceno se encuentra transgresivo y muy discordante sobre el Cretáceo.
- 4.º El Oligoceno está a veces muy plegado, excepto en su parte alta, cerca del Trías.

Hemos de advertir que cuando nos referimos al Oligoceno alto lo hacemos en sentido relativo; en realidad el Oligoceno superior que encontramos en la Hoja es, creemos, Oligoceno medio.

De lo expuesto se deduce que los primeros movimientos en nuestra región fueron de fase pirenaica, actuando al menos durante el Luteciense superior-Bartonense de manera paulatina, y que los de fase sálica, o, mejor dicho, algo anteriores, también dejaron sentir sus efectos.

Esperamos que próximos estudios en zonas contiguas nos permitan ratificar y ampliar estos conceptos, ya que queda por aclarar si las deformaciones se produjeron de un modo uniforme y continuo desde finales del Luteciense hasta el Oligoceno alto enlazando las fases sálica y pirenaica, o bien

si fué durante dichas fases cuando se realizaron las principales sacudidas. La existencia, sin embargo, de discordancia progresiva durante el Luteciense superior-Bartonense es un hecho que puede comprobarse al Oeste del pueblo de Luzás, teniendo cuidado en la interpretación porque fenómenos de erosión y transgresión posterior pueden llevar a conclusiones engañosas, puesto que a veces quedan en contacto estratos del Luteciense superior-Bartonense con otros ludenses en gran discordancia, sin que por ello resulten movimientos de gran intensidad entre ambos, lo que ocurre es que los bartonenses no son los más modernos dentro de esta época y han sido puestos en contacto con los ludenses por un fenómeno de transgresión y erosión, de modo que el plegamiento pudo haber sido débil y de larga duración. Dentro de esta misma suavidad y continuidad de los esfuerzos tectónicos cabría encajar perfectamente la presencia de capas secundarias y terciarias muy trastornadas, como sucede en las inmediaciones de Tolva mediante la existencia de zonas débiles donde el diapirismo se ha manifestado con gran intensidad.

La poca influencia de los plegamientos de fase pirenaica en las regiones situadas inmediatamente al oeste y algo más al este de la nuestra, es decir, en los umbrales del Ampurdán y Aragónés, hacen suponer que los empujes que dejaron huella en nuestra Hoja no tuvieron intensidad suficiente para afectar a las tierras más rígidas que la flanqueaban a poniente y levante.

Por lo que hemos visto también cabe la posibilidad de que los movimientos comenzasen algo antes del Luteciense superior, pero, probablemente no ocurrió así; haciendo el corte de las series por el Noguera Ribagorzana hacia el Norte, y después de pasar el Montsech yendo hacia Tremp, una vez atravesadas las calizas de alveolinas del Ypresense, observamos cómo las capas más modernas se van poniendo poco a poco horizontales, pero no se trata de una discordancia progresiva, sino que todo el paquete secundario y terciario se va tendiendo concordantemente hacia el sinclinal de Tremp.

El Oligoceno más alto que tenemos está sensiblemente horizontal; así pues, no es correcto datar los últimos plegamientos de esta zona como sávicos, sino que son un poco más antiguos, y este hecho, comparándolo con lo que ocurre más a occidente, está de acuerdo con la hipótesis de Almela y Ríos de propagación de E. a O. de los movimientos tanto pirenaicos como sávicos.

DIRECCION DE LOS PLIEGUES.— Al estudiar la sierra de Leyre en la hoja de Sigüés, perteneciente también a las sierras subpirenaicas, hablábamos de concavidad hacia el Norte, de cabalgamiento y de empujes venidos del Norte. Aquí también tenemos el extremo occidental del Montsech curvado hacia el Norte, pero no podemos sacar consecuencias análogas porque nos

hallamos incluidos en una zona de gran extensión longitudinal N.-S., donde se llevan a cabo importantes cambios en las directrices generales de los Pirineos e incluso, si se extiende uno muchos kilómetros al Sur y se atraviesa el valle del Ebro desviándose ligeramente a poniente, se llega a la unión de las cordilleras Ibérica y Costera Catalana. En efecto, en una zona comprendida alrededor del meridiano de Tremp las direcciones tectónicas principales pirenaicas pasan de tener un rumbo general ONO. a poniente, a otro ENE. al Este, y las sierras marginales y subpirenaicas que estaban separadas por la depresión Tremp-Jaca-Pamplona, se unen hacia el Este. El primer acontecimiento de cambio de direcciones se ha explicado, creemos que con poco fundamento, por Sierra Yoldi por el predominio de las directrices alpinas sobre las hercinianas, NE.-SO., a medida que avanzamos hacia occidente.

El paralelismo general existente entre las alineaciones montañosas al sur y al norte del valle del Ebro es, en verdad, sugestivo, quizá demasiado. Al Sur, las cordilleras Ibérica y Costera Catalana forman una V con el vértice dirigido hacia el Sur, y por otra parte los Pirineos dibujan una V análoga, aunque mucho más abierta. Explicación para esto, como para tantos otros problemas geológicos, no tenemos. Chevalier sugiere la idea de una aproximación en forma de mandíbulas de la cordillera Ibérica y la Costera Catalana hacia los Pirineos. La teoría de Hans Stille de considerar el valle del Ebro como prefosa en el plegamiento pirenaico y la meseta castellana como antepaís, que ya comentamos en el capítulo de antecedentes, pudiera arrojar alguna luz sobre el asunto.

¿Hasta qué punto el macizo del Ebro ha independizado las tierras existentes a un lado y a otro?, ¿en qué forma ha transmitido los empujes pirenaicos?, ¿está plegado el Oligoceno inferior?

TIPO DE TECTÓNICA.—El tipo de plegamientos es alpino, aunque no de su forma más clásica; sin embargo, su diferencia con la tectónica de tipo Jura es clara. No son pliegues de cobertura. Representan un grado intermedio entre los plegamientos de tipo Jura y los alpinos, violentos, aunque tienen más afinidad con los segundos.

El estado de debilidad que representa estar cerca del borde del macizo del Ebro y la existencia del Trías han tenido gran importancia en la tectónica de la región.

IMPORTANCIA DEL TRÍAS.—En lo que se refiere a las causas del diapirismo triásico, si distinguimos entre las teorías de Lachmann y Arrhenius de diapirismo creado por un simple mecanismo isostático, de una parte, y la de diapirismo motivado por empujes tangenciales, de Stille, por otra, pode-

mos observar que ambas tienen cabida en nuestra zona para ayudar a explicar los fenómenos existentes.

Considerando en conjunto toda la estructura y comparando el gran espesor de sedimentos secundarios de la zona de Tremp con el espesor mucho menor de estas formaciones hacia el Sur, se comprende por isostasia, de acuerdo con Lachmann y Arrhenius, la expulsión del Trías hacia los bordes de la cuenca; no obstante, con esto solo no queda todo resuelto, pues es indudable que nuestras manifestaciones de Keuper están íntimamente relacionadas con los movimientos orogénicos regionales, apareciendo en estructuras creadas por empujes tangenciales, según la teoría de Stille.

Los afloramientos de Keuper en la Hoja de Benabarre son de tipo diapírico, los de El Montsech y Tolva se pueden clasificar como anticlinales de tipo perforante, en conjunto, porque en detalle las extrusiones de Keuper aprovechan fallas lineales y toman formas muy diversas. En cuanto al existente en la zona de Estaña, no tan claro como los anteriores, pertenece no obstante también al tipo de diapiros de pliegues.

En el corte seriado C de la Hoja se puede apreciar, en el bloque salido, un ejemplo de plegamiento inyectivo, según el concepto de Stille, y toda la comarca de nuestro estudio puede clasificarse como zona de plegamiento incongruente, ya que los anticlinales se han desarrollado más acentuadamente que los sinclinales.

En esta región de las sierras subpirenaicas, donde han ocurrido grandes trastornos tectónicos y erosiones de importancia, nunca aflora un terreno inferior al Trías. Ello hace suponer que dicho Trías ha servido de superficie de despegue y que la plasticidad de esta formación haya contribuido a aprovechar los empujes tectónicos para cerrar cualquier herida que la erosión le hubiese producido. Tirando del hilo de este mismo concepto de la movilidad del Trías podemos atribuir a ella la prolongación de los movimientos tectónicos en el tiempo más allá de lo que los empujes pirenaicos o sávicos hubieran determinado, siendo éste otro motivo de dificultad para encasillar las orogenias en fases.

ESTRUCTURA DEL MONTSECH.—El Montsech es autóctono. En el borde septentrional de la depresión mesozoica sinclinal de Tremp, que es donde aún pudiera haber duda, Jacob, Fallot, Astre y Ciry vieron el frente de un gran manto de corrimiento norte. Pedro Misch, en su magnífico estudio tectónico de los Pirineos centrales, considera que si bien es cierto que existen escamas de empuje nórdico en su mayor parte subverticales y a veces tendidas, no tienen la suficiente continuidad e importancia para que pueda atribuirse al conjunto la denominación de manto alóctono.

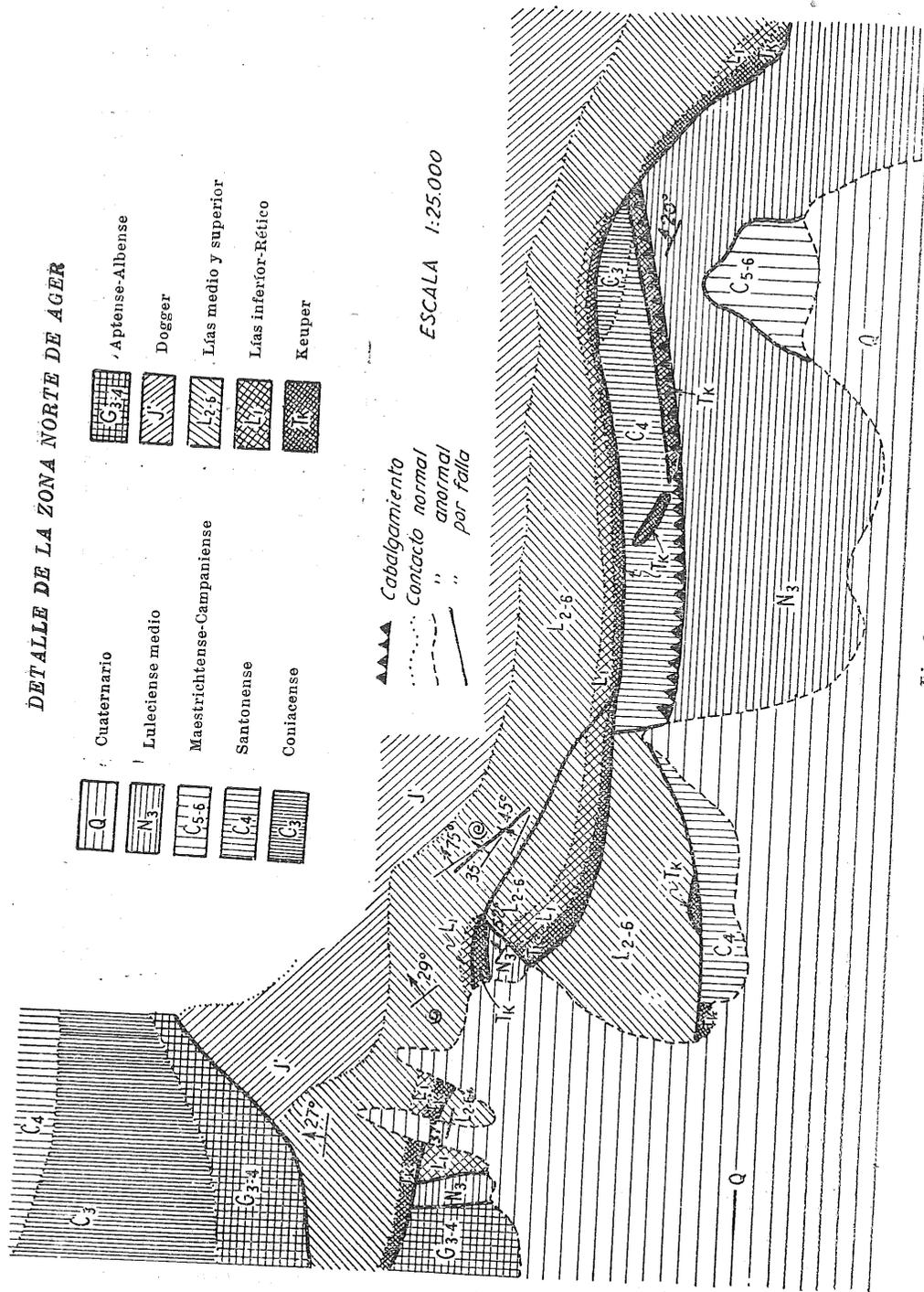


Fig. 3.

La estructura denominada del Montsech se extiende en una longitud de unos 45 Km. en dirección sensiblemente E.-O., formando un arco de gran radio ligeramente cóncavo en dirección Norte-Sur. Hemos estudiado su parte occidental, desde Alsina hasta Tolva, donde probablemente acaba, es decir una longitud de unos 20 kilómetros.

Fundamentalmente se trata de un anticlinal mesozoico volcado hacia el Sur y en contacto anormal mediante una gran falla inversa, con los terrenos terciarios situados meridionalmente. Dentro de este esquema general las variaciones son numerosas, haciendo que un estudio detallado resulte bastante complicado. El flanco sur del anticlinal a veces desaparece, otras existe, pero generalmente muy adelgazado y milonitizado. Son numerosas las fallas transversales que en combinación con las longitudinales dan lugar a bloques aislados, y tanto las roturas como las zonas de debilidad creadas por los empujes tectónicos han sido aprovechadas por el Keuper para salir al exterior en forma diapírica.

Comenzamos (corte A) con la serie normal formando el flanco norte y habiendo desaparecido el sur. El contacto con el Eoceno se lleva a cabo con el Triás y es bastante bajo, por lo que es probable que haya un corrimiento hacia el Sur acompañado de fracturas transversales.

Un poco más al Oeste aparece el flanco meridional con Triás al techo y muro. A continuación (corte B) el Keuper queda únicamente en su posición normal, o sea en el núcleo, y el contacto entre el Montsech y el Terciario se verifica por medio del Santonense.

Más allá puede decirse que desaparece de nuevo en el flanco meridional (corte V), pues aunque el Aptense situado al sur del núcleo de Keuper puede considerarse como perteneciente a él, en realidad parece más bien un bloque flotante en el Triás. Esto se ve más claro avanzando hacia poniente (corte C); aquí el contacto con el Terciario se desplaza mucho al Sur en virtud de la existencia de un gran bloque de Lías que ha sido empujado hacia afuera y que está limitado al N. y S. por Keuper y lateralmente por importantes fallas transversales, quedando, por tanto, completamente aislado.

Prosiguiendo esta marcha en dirección E.-O. (corte D) encontramos por primera vez el flanco sur estratificado y evidente, ya que hasta ahora hemos basado su existencia en derrubios y afloramientos de poco valor. En este caso el núcleo visible del anticlinal está constituido por las dolomías del Dogger; sobre éste, en el flanco sur volcado tenemos el Aptense y después una falla (200 m. al E., entre este Aptense y falla, tenemos aún Coniacense y Aptense formando un sinclinal), y a continuación el Santonense y Campaniense bastante verticales.

El corte IV, que aprovecha la garganta producida por el Noguera Riba-

gorzana en el Montsech, pone de manifiesto toda la complicación de éste. Comenzando desde el N. por las calizas arenosas maestrichtenses, exceptuando alguna pequeña fractura de carácter local observable desde lejos, las

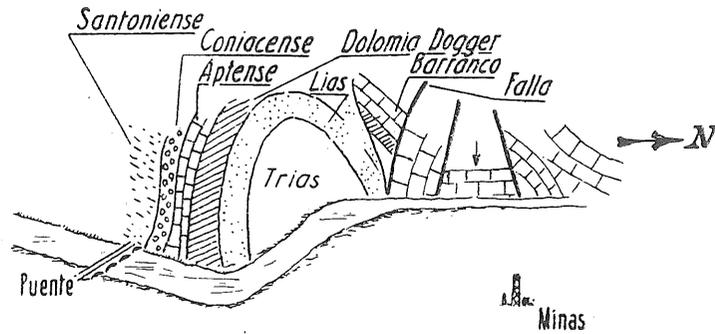


Fig. 4 (a).—Esquema de la margen oeste del Noguera Ribagorzana al sur de las minas de carbón.

capas se muestran concordantes y tranquilas hasta el Aptense; en él, al N. de las minas, las capas cambian de buzamiento formando un pequeño sinclinal, y al sur de las minas de Corsá hay un bloque hundido; hay otro pequeño en la otra margen del río que no figura en este corte, pero sí en el esque-

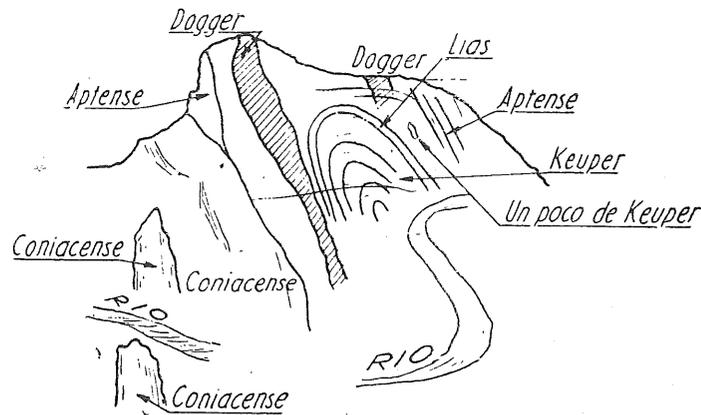


Fig. 5 (b).—Vista desde la ermita de La Perlusa, orilla izquierda del Noguera Pallaresa, en dirección N.-45º.0.

ma (a). Más al Sur, después de una falla, aparecen el Dogger, Lías, retazos de carniolas del Rético y Trías formando en agudo pliegue el núcleo de la estructura. En el flanco meridional volcado, después del Dogger hay un pelliz-

co aptense que viene de la margen derecha del río y se extingue a poco de entrar en la izquierda; después otro pellizco coniacense entre dos fallas, al cual le sucede exactamente lo mismo, y por último Santonense y Campaniense, para terminar dicho flanco volcado. Este corte pasa por la orilla oriental del Noguera Ribagorzana. Publicamos también un esquema (a) de

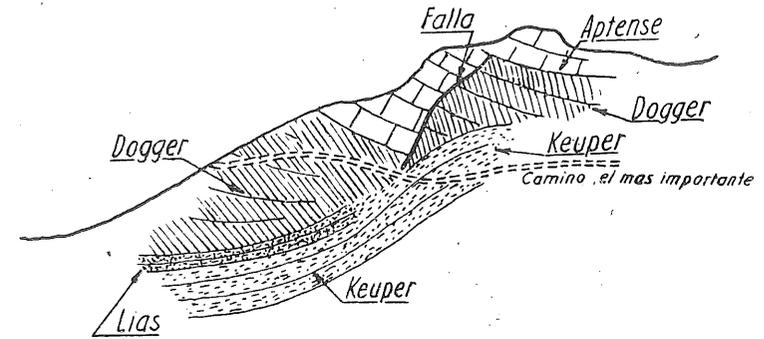


Fig. 6 (c).—Vista desde la ermita de La Pertusa, en dirección N.-40º. E.

la margen oeste, en el cual no se respetan perspectivas, escalas, inclinaciones ni espesores, pero que creemos da una idea tectónica del accidente, así como dos pequeños croquis (b) y (c).

En el corte E el flanco norte presenta una falla que impide el afloramiento del Dogger; en el sur ocurre lo mismo y además hay otra fractura que separa Coniacense y Santonense.

Tanto aquí como en el Noguera Ribagorzana los estratos cretáceos del flanco meridional están generalmente muy milonitizados y estirados con numerosas ondulaciones en torno a un buzamiento vertical.

En el corte F no aflora ni el Lías ni el Keuper del núcleo y está a punto de desaparecer el flanco sur sumergido en el Oligoceno, y por último en el corte III se observan el Santonense y el Campaniense del flanco septentrional con absoluta normalidad. Un kilómetro más al NO. desaparece toda la estructura bajo el Oligoceno transgresivo.

TOLVA.—Continuando en dirección NO. encontramos la estructura de Tolva. Es evidente por su posición y litología que constituye la prolongación del accidente del Montsech, pero aquí sus características tectónicas han variado.

Estudiando los cortes II y G vemos que los grandes trastornos se producen aquí, en el flanco norte, con abundantes fenómenos de diapirismo, mien-

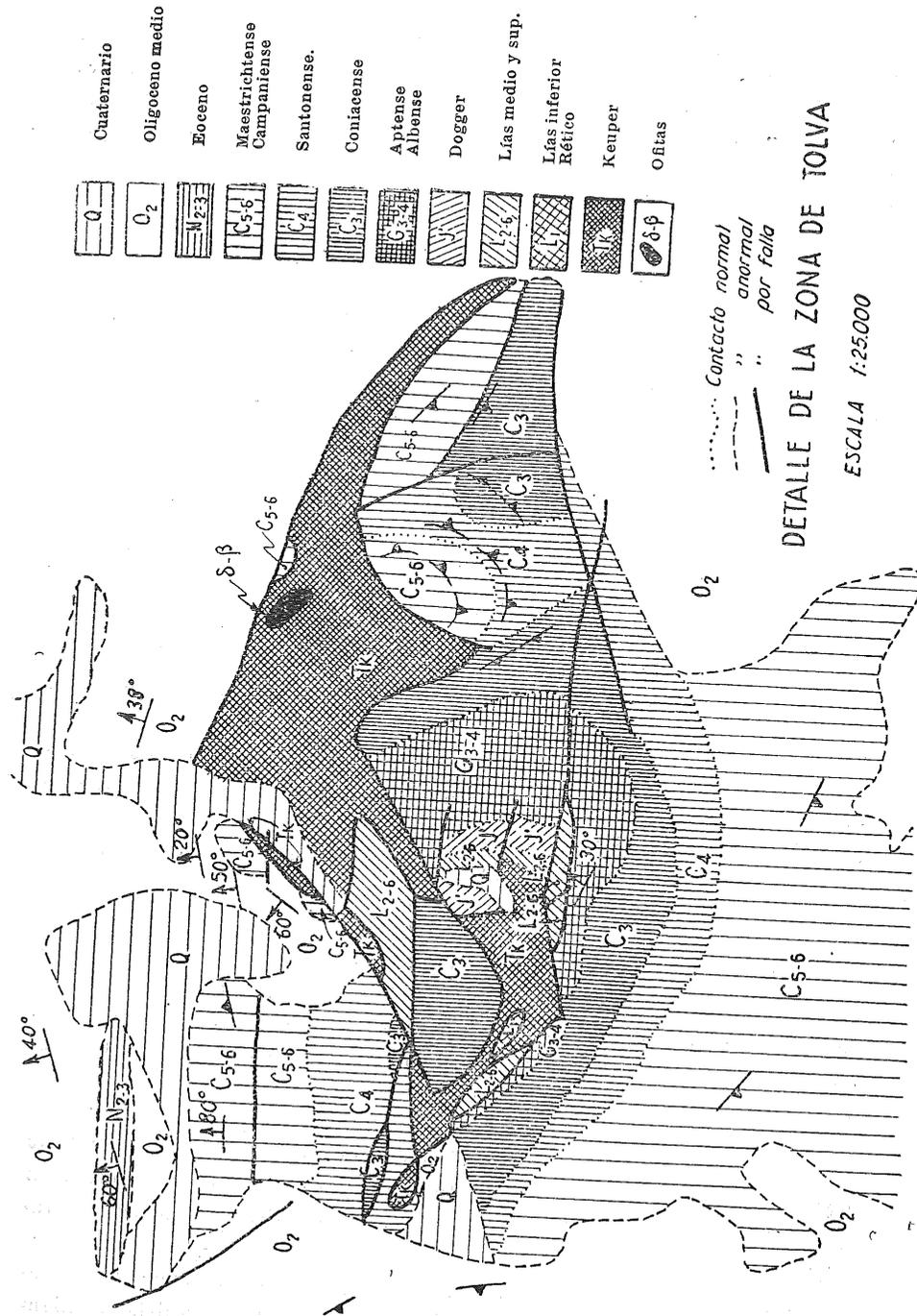


Fig. 7.

tras que en el flanco meridional, a medida que nos alejamos hacia el Sur, se sumerge tranquilamente bajo el Oligoceno, al revés de lo que ocurría en el Montsech. Esto, no obstante, no constituye para nosotros un hecho extraño, sino que creemos se trata de la terminación de la estructura, y es frecuente en estas sierras subpirenaicas, como hemos observado en otros lugares, que los cabalgamientos y desplazamiento hacia el Sur tengan lugar en la parte central, quedando los extremos como anclados y con pocos trastornos. Aun dentro de esta tónica general de tranquilidad en los extremos, es explicable la complicada estructura de Tolva por causas algo distintas de las que originaron las dislocaciones de la parte central del Montsech. En Tolva es probable que el espesor menor de sedimentos cretáceos, el diapirismo del Keuper y la existencia de empujes intraoligocenos fuesen los factores constituyentes más importantes en la formación de la estructura. Al norte de la carretera Benabarre-Tolva, en el Km. 26,500, hay un mogote de caliza de alveolinas muy inclinado que ha levantado el Oligoceno que se encuentra al Norte junto a él.

En resumen, creemos que las causas que en el Eoceno superior originaron los primeros movimientos tectónicos: empujes de dirección N.-S., hundimiento de la fosa del Ebro, etc., y que formaron la estructura general central del Montsech, con pronunciados cabalgamientos y roturas en el flanco meridional, en Tolva, dieron lugar al cierre del anticlinal en forma de anclaje suave sin roturas ni corrimientos y que movimientos posteriores aprovecharon el menor espesor de sedimentos cretáceos para hacer surgir un diapiro de Keuper que destrozó la rama septentrional, es decir, que en Tolva el diapirismo fué causa principal y determinante de la estructura y en cambio, en la zona central del Montsech, el Keuper se limitó a surgir por las fracturas creadas.

El accidente de Tolva en detalle es muy complicado, como puede verse en el mapa y en los cortes. Las formaciones están muy revueltas y las fracturas son numerosas. Tenemos pruebas de movimientos en distintas direcciones. Así, por ejemplo, en la falla situada más al sur de todas las dibujadas en el mapa en la zona de Tolva, y que en su parte occidental tiene una dirección N. 70° E., observamos en un sitio del fondo del arroyo, donde el plano de falla es casi vertical, la existencia de dos series de espejos de falla, una formando un ángulo de 65° con la horizontal y la otra uno de 80°.

Hacia el Km. 26 de la carretera Tolva-Benabarre puede verse el Oligoceno no basal intensamente plegado.

El sinclinal transverso que Misch supone al este de Tolva y al cual atribuye la desaparición del Montsech, nosotros no lo hemos visto.

ANTICLINAL DE MILLÁ.—Al abandonar la Hoja por el Sur, el Noguera Ribagorzana deja ver el núcleo de un bonito anticlinal simétrico denominado de Millá. En él el espesor del Cretáceo es mucho menor que en el Montsech. Su rama septentrional está afectada por un sistema muy interesante de fallas casi paralelas, de dirección N.-5º-E. a N.-15º-E., que provocan el desplazamiento hacia el Sur del bloque situado al Este. Al dirigirnos a poniente desaparece la simetría del anticlinal porque el flanco sur se pone vertical llegando a estar en contacto por falla con el Eoceno. Finalmente toda la estructura se sumerge debajo del conglomerado basal Ludense-Oligoceno igual que en el Montsech y aproximadamente en el mismo meridiano.

ÁNGULO SO. DE LA HOJA.—Justamente en el extremo SO. tenemos una cubeta sinclinal formada por estratos del Cretáceo superior y Terciario. Los buzamientos son muy pequeños, de manera que en un corte rápido sobre el terreno es fácil que se escape la verdadera forma de la estructura. No así observando la fotografía aérea, donde los terrenos destacan admirablemente. En dos cortes llevados a cabo en la vertiente oriental de la cubeta observa-

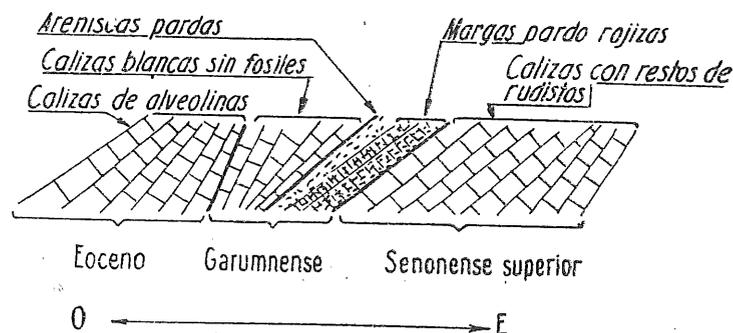


Fig. 8 (d).—Corte del flanco este de la cubeta sinclinal al SO. de la Hoja.

mos que dentro de una tónica general de capas muy tendidas, las correspondientes al techo del Garumnense y al muro del Cretáceo se inclinaban bastante (ver esquema d). Lo primero es lógico por el empuje del Triás, lo segundo constituye una discordancia bastante acusada, pero no hemos visto ningún indicio de falla, quizá sea producto del corte topográfico en capas onduladas concordantes.

La estructura en forma de cubeta sinclinal alargada termina de cerrarse en la hoja al sur de la nuestra.

Siguiendo por el borde meridional de la Hoja hacia el Este, encontramos al sur de Soriana una estructura cretácea buzando al NE., que constituye el

flanco este de un anticlinal, del cual la rama este del sinclinal descrito anteriormente es el flanco oeste. Todo el eje de este anticlinal está perforado por el Keuper, en el cual flotan Muschelkalk y quizá Lías, representados por carniolas y calizas, y es una pena que estos mogotes no estén *in situ*, pues en las calizas fértidas hay varios sistemas de diaclasas bien definidos formando prismas.

Las calizas de Soriana enlazan también por el Este, por debajo del Terciario con el anticlinal de Millá formando un sinclinal.

BENABARRE.—En el corte I puede apreciarse la estructura de Benabarre, que creemos se trata de un anticlinal en cuya vertiente norte está el pueblo que da nombre a la Hoja. No obstante la observación se ve dificultada por el Oligoceno medio transgresivo y poco plegado que recubre gran parte del accidente y por haber variado bastante las facies cretáceas. No se olvide que estamos entrando en el umbral alto-aragonés. El pueblo se halla edificado sobre unas calizas que tienen cierta semejanza con la de alveolinas, pero en un examen minucioso no encontramos ninguna alveolina y las hemos clasificado como garumnenses.

EOCENO DEL N. Y DEL NE.—Ya hablamos de la discordancia progresiva del Luteciense superior-Bartonense al oeste de Luzás, que tiene verdadero interés. El resto del Eoceno está poco trastornado, formando en líneas generales un sinclinal suave, cuyo eje, de dirección E.-O., se sumerge hacia poniente.

A mitad de la carretera que va del pueblo de Luzás al Km. 28 de la que pasa por Tolve y Benabarre, vimos el final de una gran falla. Su plano tiene una dirección aproximada N.-40º-E., buzando unos 40º al E., y el bloque meridional ha descendido respecto al otro, de manera que es una falla directa de descompresión. Se interrumpe al llegar a los conglomerados ludense-oligocenos, a los que no afecta, de modo que es anterior a ellos. Esta tectónica de descompresión durante la fase pirenaica puede observarse igualmente en otra fractura cuya prolongación pasaría por el Km. 4 de la carretera Tremp-Puente de Montañana. Su plano tiene una dirección N.-50º-O., buzando 70º al O., y el bloque occidental ha descendido.

En el Km. 26, poco más o menos, de la carretera Tremp-Benabarre, nace una falla de mucha longitud que se prolonga unos cinco kilómetros en dirección N.-30º-O.: aproximadamente.

Hay muchas pequeñas estructuras y accidentes en la Hoja de Benabarre que no describimos porque en un estudio de la generalidad de éste tienen poco objeto y alargarían innecesariamente el capítulo.

PALEONTOLOGÍA

Lías

CHARMUTENSE.

Ladera sur del Montsech de Aren:

- Spiriferina alpina*, Oppel.
 — *tumida*, v. Busch.
Rhynchonella rimosa, Busch.
 — *fodinalis*, Tate.
 — *northamptonensis*, Dav.
 — *dumbletonensis*, Dav.
Terebratula thomasensis, Hoff.
 — *aff. gregaria*, Suess.
Waldheimia resupinata, Sow.
 — *cornuta*, Sow.
 — *darvini*, Desl.
Zeilleria jauberti, Desl.
 — *punctata*, Sow.
 — *subpunctata*, Dav.
Epithyris subovooides, Röm.
Mytilus numismalis ? Oppel.
Griphaea cymbium, Lam.
Pecten sp.
Pseudopecten aequivalvis, Sow.
Entolium palaemon, d'Orb.
Chlamys textorius, Schl.
 — *humberti*, Dumort.
Pholadomya idea, d'Orb.
 — *ambigua*, Sow.

Pleuromya aff. *meridionalis*, Dumort.

— *liasina*, Schüb.

— aff. *liasina*, Schüb.

Ceromya sp.

Unicardium sp.

Harpea spinosus, Sow.

Pinna sp.

Ammonites.

Dumortieria.

Belemnites.

Ladera sur del Montsech de Mongay;

Spiriferina alpina, Opper.

Rhynchonella tetraedra, Sow.

— *northamptonensis*, Dav.

Terebratula thomasensis, Hoff.

Waldheimia sartacensis, d'Orb.

Zeilleria punctata, Sow.

— *edwardsi*, Dav.

— *jauberti*, Desl.

Nucula aff. *nina*, Borisj.

Pecten sp.

Pseudopecten aequalvis, Sow.

Gryphaea cymbium, Lam.

Pasaloteuthis sp.

— *pasillosus*, Schl.

Bassaniceras bassani, Forc.

En la Sierra de Millá, garganta del Ribagorzana.

Rhynchonella tetraedra, Sow.

Waldheimia cornuta, Sow.

Zeilleria punctata, Sow.

Gryphaea cymbium, Lam.

Pseudopecten aequalvis, Sow.

Chlamys sp.

Turbo sp.

Belemnites sp.

TOARCENSE.

Montsech de Ager:

Rhynchonella cyanocephala, Richard.

— *bouchardi*, Dav.

Waldheimia lycetti.

Natica pelops, d'Orb.

Salpingoteuthis trisulcatus, Blainv.

— *acuarius, ventricosus*, Avenst.

Montsech de Mongay:

Rhynchonella bouchardi, Dav.

Terebratula mariae, d'Orb.

Waldheimia lycetti, Dav.

Dumortieria radians, Rein.

Cretáceo inferior

APTENSE.

Montsech de Ager.

Orbitolina conoidea, Grass.

— *lenticularis*, Sow.

Trochosmilium neviai, De Angelis.

— *portisi*, De Angelis.

Peplosmilium sp.

Terebratula tamarindus, Sow.

Exogira boussingaulti, d'Orb.

Pecten achates, Coq.

— sp.

Natica rotundata, Sow.

Cerithium pieteti, Coq.

Vicarya luxani, Coq.

Montsech de Monfalcó:

Trochosmilium neviai, De Angelis.

— *sandalina*, De Angelis.

Epismilium sp.

Peplosmilium fromenteli, De Angelis.

— aff. *casañasi*, De Angelis.

Rhynchonella irregularis, Pictet.

Terebratula sp.

Toucasia carinata, Math.

Cerithium valeriae, Vern.

Vicarya luxani, Coq.

— *picteti*, Coq.

— *renevieri*, Coq.

Cretáceo superior

CONIACENSE.

En todas las calizas aparece con mucha abundancia

Orbygnia resectus, Defl.
— — — var. *incisa*, Douv.

En el Montsech de Ager, además:

Pyrina bourgeosii, Cott.
Radiolites radiosus, d'Orb.
Cerithium sp.

CAMPANIENSE-MAESTRICHTESE.

Orbitoides (Benabarre).
Rhynchonella plicatilis, Sow.
— *difformis*, d'Orb.
Ostrea sp.
Pecten sp.
Spondylus spinosus, Derh.
— *truncatus*, Goldf.

Eoceno

CALIZA DE ALVEOLINAS.

Ostrea sicardi, Doncieux (Millá).

Zona de Mongay:

Alveolina subpyrenaica, Leym.
Nummulites globulus, Leym.
Assilina leymeriei, d'Arch. et Haime.
— *praespira*, Douv.
Orbitolites complanatus, Lamk.
Schizaster sp.
Terebratula sp.
Spondylus hispanicus, Donc.

Sinclinal al sur de Pilzán:

Alveolina subpyrenaica, Leym.
— (*Flosculina*) *globosa*, Leym.
Assilinas.
Nummulites.
Operculinas.
Lucina corbarica, Leym.

LUTECIENSE MEDIO.

En Luzás:

Ostrea sicardi, Donc.
— *mutabilis*, Desh.

Zona de Mongay:

Ostrea uncifera, Leym.
— *sicardi*, Donc.
— *subresupinata*, Donc.
— *mousoulensis*, Astre.
Cerithina aff. *atropoides*, Oppenh.

HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

INTRODUCCIÓN.—En todo estudio de hidrología subterránea de una zona es necesario considerar su climatología, su relieve y su vegetación, las características de permeabilidad e impermeabilidad de sus formaciones y finalmente las estructuras de dichas formaciones y sus accidentes tectónicos.

De las tres primeras cuestiones sacaremos la información necesaria para conocer, de un modo aproximado, la periodicidad e intensidad de las lluvias, agua caída anualmente, coeficiente de escorrentía, importancia de la evapotranspiración, y de todos estos datos deducir, a *grosso modo*, la cantidad de agua que penetra en el suelo. De los últimos, juntamente con la topografía, los caminos por donde circula y los depósitos subterráneos donde se almacena, es decir, estableceremos un control estructural.

En resumen, sabremos lo indispensable para intentar con posibilidades de éxito, tornar a la superficie el agua, tan precisa a las necesidades humanas.

IMPORTANCIA DE LA INFILTRACIÓN.—Como ya hemos dicho al hablar de la climatología en el capítulo de geografía física, carecemos de datos directos suministrados por estaciones meteorológicas situadas en el área de nuestra zona. Pero de los proporcionados por las más contiguas, las de Pont Estopiñán y Tremp, podemos deducir que en el área de Benabarre caen anualmente alrededor de 425 mm. de agua, cantidad más bien escasa. Por lo tanto podemos calificar este clima de seco. Lluvea a lo largo, por término medio, de unos 60 días al año y son raras las nevadas; corresponde una precipitación de siete litros por metro cuadrado y día de lluvia; por lo tanto la forma de llover dista mucho de ser torrencial. Pero la escasez de vegetación,

lo escabroso de la topografía en amplias zonas de la Hoja, hace que debamos estimar alto el coeficiente de escorrentía.

La temperatura elevada en verano, son corrientes los 35°, da importancia a la evaporación.

De lo expuesto podemos lógicamente presumir que la cantidad de agua infiltrada representa un tanto por ciento pequeño de la total caída. Para nuestro estudio fijaremos un 25 %, cifra que creemos muy prudente. Por lo tanto debemos manejar la cantidad de unos 100 litros de agua aprovechable por m.² de superficie de terreno.

CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LAS FORMACIONES.—Vamos ahora a describir de una manera sucinta las formaciones aflorantes en nuestra Hoja desde el punto de vista hidrológico, es decir, la facilidad o dificultad que presentan al paso del agua: su permeabilidad, impermeabilidad y porosidad.

La formación más antigua, el Keuper, predominantemente arcilloso, es prácticamente impermeable, siendo un nivel en el que las aguas son retenidas. Las carnioles del Suprakeuper y del Rético, con sus oquedades típicas, son verdaderas esponjas con gran capacidad de almacenamiento.

El Lías medio margoso vuelve a ser un nivel bastante impermeable.

La potente serie, en general caliza, del Lías superior, Dogger y Aptense, es apropiada para la circulación del agua, por ser permeables las calizas, consideradas «en grande», es decir, que aun cuando un fragmento aislado de roca es impermeable, la gran masa, cuyas diaclasas han sido ampliadas por disolución, formando grandes grietas y cavidades, resulta un buen almacén de agua considerada en conjunto.

El Coniacense, aunque calizo, contiene algunos niveles de caliza margosa que pueden detener el agua.

El Santonense arcilloso, prácticamente impermeable, detiene las aguas infiltradas en el potentísimo paquete calizo campaniense-maestrichtense, que en su parte superior se transforma en areniscas porosas.

El Garumnense continental, en general arcilloso, es una formación impermeable que detiene las aguas que han dejado pasar las calizas de alveolinas situadas encima.

El Luteciense-Bartonense en su facies flysch es impermeable, pero el control estructural en esta formación es difícil, debido a los frecuentes bancos margosos que presenta.

El Ludense, preferentemente en su parte alta, es arcilloso y sirve de nivel impermeable a las aguas infiltradas a través de los conglomerados basales oligocenos que afloran en zonas relativamente grandes de nuestra Hoja.

Las formaciones del Oligoceno medio, areniscas alternantes con margas, son difíciles desde el punto de un estudio general hidrológico, por la misma razón aducida para el flysch eoceno. No es fácil determinar un control estructural en un estudio amplio como éste.

CONTROL ESTRUCTURAL. ZONAS DE POSIBLE INTERÉS HIDROLÓGICO.—Como se sabe, los accidentes tectónicos más interesantes desde el punto de vista de captación de aguas son los sinclinales y las fallas, aunque esto no quiere decir que en ellos se encuentre siempre. A una disposición estructural favorable hay que añadir que las características de las formaciones sean las apropiadas para el almacenamiento y retención de agua.

Esto senado nos vamos a referir a aquellas zonas de la Hoja que *a grosso modo* presentan interés hidrológico, aunque es evidente que para la ubicación más favorable de una labor de captación se impone un estudio detallado dentro de cada una de ellas.

Al final de este capítulo adjuntamos un mapa en donde hemos señalado dichas zonas a nuestro juicio más interesantes.

A) SINCLINAL DE ESTAÑA.—Llamamos con este nombre a la estructura que aparece en el ángulo SO. de la Hoja y al sur del pueblo de Estaña.

Es un sinclinal muy tendido, cerrado periclinalmente. Es una cubeta perfecta, cuyas formaciones superiores, en general permeables, pertenecen al Luteciense inferior.

Le suceden hacia abajo el Ypresense calizo-arenoso de alveolinas y como muro de estas series permeables el Garumnense margoso impermeable generalmente. Aunque en algún sitio nos ha parecido que el Garumnense no tenía margas y quedaba reducido a unos niveles calizos de poca potencia, esto no tendría importancia desde el punto de vista de prospección de agua subterránea, porque debajo tendríamos las calizas del Cretáceo superior y más abajo aún las margas del Keuper, que serían las que hicieran de cierre impermeable a no mucha profundidad. No obstante, en ese caso tendríamos una posibilidad de contaminación con los yesos.

Evidentemente esta estructura presenta todas las condiciones ideales para el almacenamiento de agua: estructura sinclinal, cubeta de recepción en formaciones permeables y por debajo, como cierre, un nivel margoso impermeable. Las posibles labores se situarían en el centro y puntos más bajos de la cubeta.

Citaremos de pasada que en los pueblos de Estaña y Caserras del Castillo el contacto de las calizas del Suprakeuper y del Rético con el Keuper puede

ser interesante, cosa que por otra parte ponen de manifiesto las fuentes que en él se encuentran.

B) FLANCO NORTE DEL ANTICLINAL DE MILLÁ.

1) Las formaciones superiores de la estructura de Millá pertenecen al Maestrichtense-Campaniense calizo, es decir, permeable. En el barranco de Millá aflora el Garumnense margoso, que cierra, a partir de él, la estructura por su parte superior y por su inferior, debajo de las formaciones poco potentes del Dogger y del Sartonense, aquí arenoso, las margas del Lías. Creemos que labores situadas en el Garumnense y cerca de las calizas podrían dar agua al penetrar en ellas. Como el nivel hidráulico subterráneo o nivel hidrostático es una superficie aproximadamente parabólica con el punto más bajo precisamente en el río, a medida que nos alejamos de él encontraremos el agua a cotas superiores, pero en cambio obtendríamos caudales más importantes en sus proximidades.

2) También creemos interesante la zona situada en el Eoceno detrítico que va desde Agulló a Corsá. Las labores se situarían cerca de las calizas de alveolinas que buzan hacia el Norte para captar el agua que en ellas se encuentran retenidas por su parte inferior por el Garumnense.

C) FLANCO SUR DEL ANTICLINAL DE MILLÁ.—Al norte del pueblo de Fiestras y en sus inmediaciones las calizas del Maestrichtense-Campaniense adquieren un buzamiento muy pronunciado, así como las margas del Garumnense que tienen a su techo. Un pozo situado en éstas próximo a las calizas, con galerías en dirección dentro de ellas, podría alumbrar agua, aunque no en grandes caudales, dado que la cuenca de recepción es pequeña.

D) FLANCO NORTE DEL ANTICLINAL DEL MONTSECH.

1) Por los mismos motivos que para el flanco norte del anticlinal de Millá consideramos recomendable la zona situada en el Garumnense y cerca de las calizas de la sierra, con la ventaja para esta estructura de la extensa cuenca de recepción que tiene.

2) Un poco más al Norte, el Eoceno comienza a ponerse horizontal debido a su estructura sinclinal; como puede verse en el corte general n.º 5, en el barranco Gros la caliza de alveolinas queda a poca profundidad de la superficie del terreno. Un sondeo practicado en la zona señalada en el adjunto plano, al llegar a dichas calizas sin duda daría agua; un sondeo más profundo, quizá de 500 m., que atravesara esta formación y el Garumnense y llegara al Maestrichtense encontraría grandes caudales de agua con carácter sin duda de artesianismo.

E) Por último sería interesante estudiar la zona de la falla de descompresión, que afectando a los estratos oligocenos, parte de las proximidades de Tolva en dirección aproximada N. 30° O.

Adjuntamos una relación de los análisis parciales realizados por el laboratorio de Química de este Centro, de las fuentes que abastecen al pueblo de Benabarre. Como se puede observar, poseen todas ellas un grado hidrotimétrico aceptable, aunque son un poco altas en contenido de cloro.

	Cloro.	Cloruro sódico	Grado hidro- timétrico
Fuente Baja del Camino.....	0,0070 gr. l.	0,0115 gr. l.	19
Fuente del Mas del Cerrillo...	0,0070 —	0,0115 —	13
Fuente de la Virgen.....	0,0070 —	0,0115 —	16
Fuente Alta del Camino.....	0,0070 —	0,0115 —	15
Fuente de la Teja.....	0,0105 —	0,0173 —	12
Fuente del Mas de Arps.....	0,0105 —	0,0173 —	13

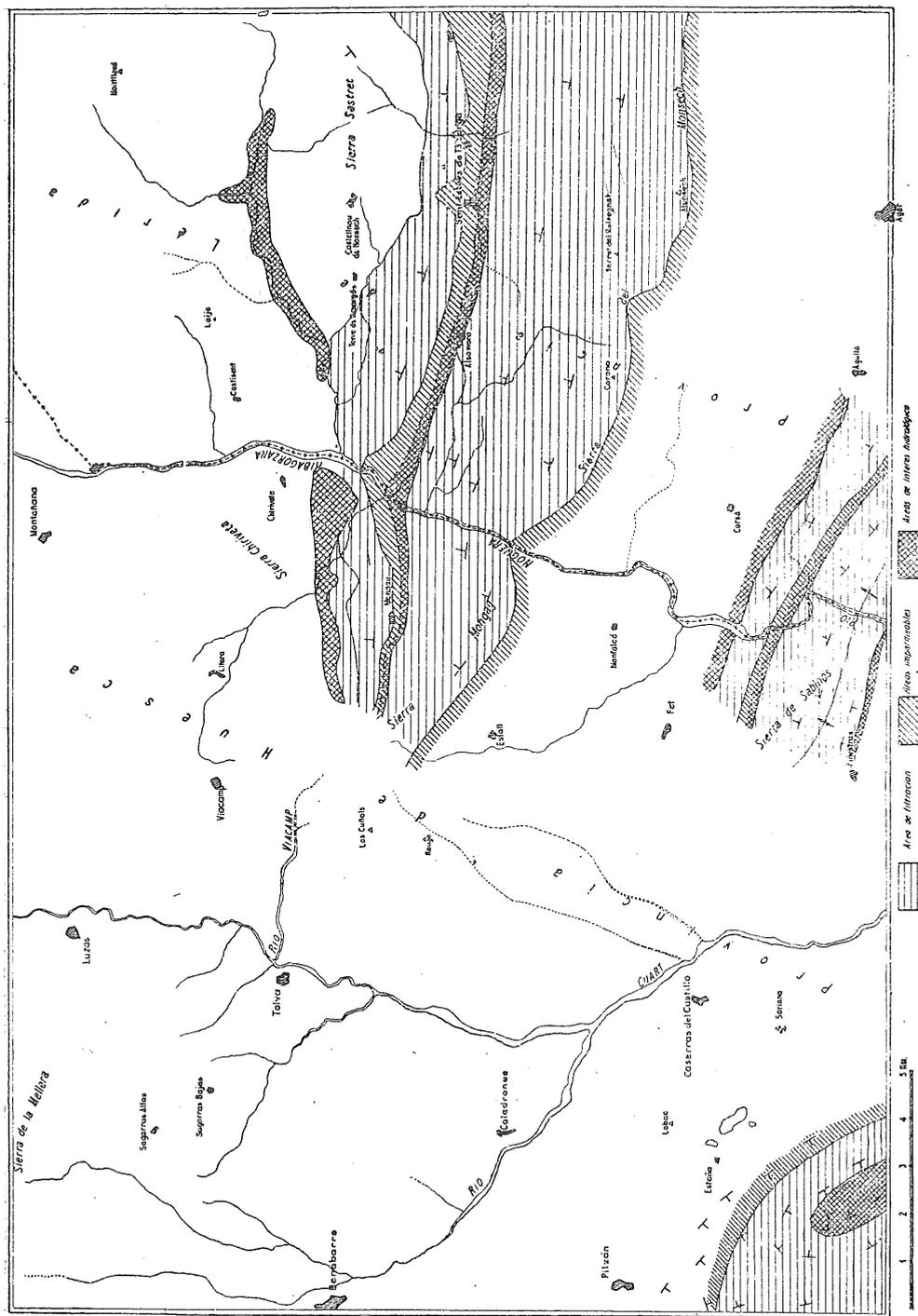


Fig. 9.—Esquema hidrológico de la Hoja de Benabarre.

VIII.

MINERÍA Y CANTERAS

El ámbito de la Hoja de Benabarre pertenece administrativamente a los distritos mineros de Zaragoza y Huesca.

Fundamentalmente la actividad minera de esta región se reduce a la investigación y, en cualquier caso, a la explotación de las capas de lignitos que a lo largo del flanco sur del Montsech afloran en el Aptense.

LIGNITOS SECUNDARIOS.

A nuestro juicio, las capas de carbón, en Corsá (se reconocen dos) se muestran en la parte alta del Aptense, teniendo al techo unos bancos de arenas margosas cuajadas de orbitolinas. Para Vidal este horizonte lignitífero corresponde al mismo de la zona carbonífera de Aliaga, en Teruel, y Castell de Cabres, en Castellón.

Este nivel de orbitolinas se conserva bastante constante a lo largo de todo el Montsech, aunque las capas de carbón van perdiendo potencia a medida que se avanza del Ribagorzana hacia el Este; en algunas labores de investigación hechas en el Pallaresa, las capas tenían solamente una potencia de unos 10 centímetros.

Las capas parece que continúan al Este del Pallaresa, aflorando encima de Santa María de Meyá, en Toll d'en Bernat y en la Coveta d'en Tardá, según dice Vidal en su «Reseña geológica de la provincia de Lérida». Para Closas Miralles la reserva de lignitos de esta parte del Montsech, al oriente del Pallaresa, sería de unos 2.730.000 Tm.

Al oeste del Ribagorzana, el nivel de orbitolina se conserva, pero muy trastornado a causa del anticlinal roto de Monfalcó. Este nivel, junto con todo el Montsech, se sumerge en los conglomerados oligocenos hacia el Es-

tall; a nuestro juicio, a medida que se avance hacia el occidente disminuyen las probabilidades de encontrar carbón, pues nos acercamos al borde del umbral alto-aragonés, y con ello varían las condiciones de sedimentación aptense hasta llegar a su ausencia completa. Confirmando esta afirmación nuestra, se puede ver en Tolva que el Aptense ha perdido mucha potencia, no apareciendo ya el nivel de orbitolinas. No obstante, en la actualidad, en el término del Estall, en la mina «La Concepción», de 40 pertenencias, se están haciendo labores de investigación, que podrán confirmar estas opiniones.

En el Montsech aragonés, además de la citada mina, existen la «Conchita Ribagorzana», de 129 pertenencias; «Ampliación de Conchita Ribagorzana», de 470 pertenencias, y «Joaquina», todas ellas paradas, situación que avala, en cierta manera, nuestro juicio.

En el Montsech catalán encontramos la mina «Montserrat Ribagorzana», de 140 pertenencias, en el término de Corsá, perteneciente a «Minas de Corsá», S. A. Es la única que está en producción, extrayéndose en la actualidad unas 1.200 Tm. mensuales.

Como hemos dicho al principio, el criadero presenta dos capas, con potencia la mayor de 0,55 m. y la pequeña de 0,35 metros. Las capas se explotan en el flanco norte de un suave anticlinal de eje sensiblemente paralelo a los estratos de la sierra, y se pierden al marchar hacia el Sur a causa de una falla, pero toda la zona al norte de este accidente no está trastornada, debiendo continuar las capas en profundidad.

El lignito extraído es de buena calidad, con poder calorífico de unas 6.500 calorías.

Las bocas de esta mina quedarán inundadas por el pantano de Cañelles, de la E. N. H. E. R., en plazo relativamente corto. Además de esta mina existen en este Montsech, el catalán, nos referimos siempre a la zona comprendida en nuestra Hoja, las siguientes concesiones, aunque ninguna de ellas se explota:

- «Antonieta», término de Ager, de 280 pertenencias, de D. José Obradors Riu.
- «Ampliación Antonieta», de Ager, de 89 pertenencias, del mismo concesionario.
- «II Rosalía», términos de Ager y Fontllonga, de 2.600 pertenencias, de don Antonio Felú Marqués.
- «III Rosalía», de los mismos términos y concesionario que la anterior; 975 pertenencias.

LIGNITOS GARUMNENSES.

En cuanto al horizonte de lignitos que aparece en el Garumnense en la vecina hoja de Isona, en la nuestra no hemos podido reconocerlo, cosa por otra parte explicable, pues la facies de esta formación al marchar hacia el Oeste varía, llegando a ser exclusivamente margosa.

BAUXITAS.

Creemos conveniente indicar aquí, que en la Hoja de Benabarre no hemos visto bauxitas, que se encuentran en zonas contiguas, donde según las referencias que tenemos se muestran con el Jurásico al muro y el Senonense muy alto al techo. Quizá esta ausencia sea debida a que las condiciones de laterización, etapa hacia la bauxitización, que actuaron sobre las formaciones jurásicas emergidas, lo hicieran sobre el Cretáceo medio, y en esa época no pudieron afectar a los estratos jurásicos de nuestra zona, puesto que estaban sumergidos, ya que tenemos sedimentación desde el Aptense. Probablemente en el estudio de la hoja de Os de Balaguer, que vamos a emprender a continuación, tendremos ocasión de ocuparnos con más detalle de este asunto.

MANGANESO.

En el ángulo SO. de la Hoja, como ya hemos dicho en los capítulos de estratigrafía, tectónica e hidrología subterránea, existe una estructura sinclinal eocena-cretácea superior, jalonada toda ella por las margas del Keuper y carniolas y calizas del Muschelkalk; en medio de estas últimas formaciones, de una manera discontinua pero abundante, existen intrusiones de unas rocas básicas, generalmente de textura ofítica. En el contacto de estas rocas intrusivas con las calizas del Cretáceo superior, y a veces con las carniolas, aparecen en ocasiones, por ejemplo en Soriana, fenómenos de mineralización, encontrándose manganeso en forma de pirolusita.

Fuera ya de la Hoja, pero en sus proximidades, en Estopiñán, existe una mina de manganeso que se explota en colaboración con el C. O. M. E. I. M. En la actualidad se ha llegado hasta la planta quinta con una profundidad de pozo, en la última, de 70 m. y una caldera de cinco. Las galerías de los distintos pisos tienen longitudes que oscilan alrededor de los 100 metros. La mineralización está en el contacto de las rocas básicas con las calizas cretáceas.

CANTERAS.

En toda la Hoja de Benabarre, en la actualidad, no existe inscrita en los respectivos distritos mineros ninguna cantera de cualquier clase de roca.

OFITAS Y BASALTOS.

Creemos interesante reseñar aquí la existencia, como acabamos de decir, en Caserras del Castillo, Soriana, Estaña y Pilzán, y también en Tolva, de unas intrusiones de rocas básicas, generalmente de textura ofítica y que en ocasiones tienen composición basáltica. Junto con ellas, rellenando diaclasas, a veces aparece la «aerinita» con su típica coloración azul, que creemos es un producto de descomposición de las ofitas.

Algunas veces en esta zona se pueden ver fenómenos de caolinización de estas rocas intrusivas, que explica la existencia de la mina «María Luisa» de caolín, en Caserras del Castillo, en la actualidad ya caducada.

A continuación damos un análisis de tres muestras de estas rocas básicas, hecho por el laboratorio de Petrografía de este Instituto.

Primera muestra.—Asomo de Caserras del Castillo.

Caracteres macroscópicos: roca sacaróidea, de grano muy menudo; color grisverdoso oscuro, con costra ferruginosa de color claro producida por alteración superficial.

Caracteres microscópicos: textura ofítica. Minerales: varillas de plagioclasa ($\pm An_{60}$) entrecruzadas, limitan huecos ocupados por cristales alotriomórficos de augita, parcialmente uralitizados y cloritizados.

Clasificación: dolerita microgranítica (anamesita).

Segunda muestra.—Asomo de Caserras del Castillo.

Caracteres macroscópicos: roca compacta de color gris oscuro, fractura desigual astillosa.

Caracteres microscópicos: textura intergranular. Minerales: varillas de feldespatos plagioclasas, básicos ($\pm An_{50}$), alterados parcialmente; augita y olivino ($\pm Fe_{50}$); granitos de magnetita. Minerales secundarios: por su tamaño ultramicroscópico no son determinables con seguridad; parece existir uralita, clorita, caolínes y carbonatos, producidos por alteración de piroxenos y olivino los primeros, y de plagioclasas los últimos.

Clasificación: diabasa olivínica (sinónimo: basalto olivínico).

Tercera muestra.—Tolva.

Caracteres macroscópicos: roca compacta de color grisverdoso oscuro, fractura astillosa, cubierta en parte por costra de alteración superficial, clara, algo calcárea.

Caracteres microscópicos: textura microhialopilitica. Minerales: algunos granos de augita, parcialmente cloritizados, están incrustados en pasta hialopilitica constituida por microlitos de plagioclasa en forma de varillas en-

trecruzadas, alterados, y piroxenos también alterados. Estos minerales de la pasta sólo se aprecian con grandes aumentos y no pueden determinarse con precisión.

Clasificación: basalto interseccional.

CALIZAS, ARENAS Y GRAVAS.—Finalmente diremos que en el análisis de la Hoja se pueden encontrar, con interés industrial, calizas para la construcción y la fabricación de cal, en el Montsech, Millá, Tolva y Benabarre. Arenas, gravas y margas en el Eoceno, Oligoceno y Garumnense.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALASTRUÉ (E.), ALMELA (A.) y RÍOS (J. M.).—«Explicación del mapa geológico de la provincia de Huesca, escala 1 : 200.000».—Madrid, 1957.
2. ALMELA (A.).—«La fauna del Eoceno inferior de Arén (Huesca)».—*Notas y Com. del I. G. y M. de E.*, n.º 19. Madrid, 1949.
3. ALMELA (A.) y RÍOS (J. M.).—«Explicación del mapa geológico de la provincia de Lérida, escala 1 : 200.000».—*I. G. y M. de E.* Madrid, 1947.
4. — «Estudio geológico de la zona subpirenaica aragonesa y de sus sierras marginales».—*Revista Pirineos*, I Congreso Int. del Pirineo. Zaragoza, 1951.
5. ASHAUER (H.) y TEICHMÜLLER (R.).—«Las cordilleras variscas y alpídcas de Cataluña».—Publicaciones extranjeras sobre geología de España, T. III. *Inst. Lucas Mallada de Inv. Geol.*
6. ASTRE (G.).—«Les grandes phases géologiques du domaine pyrénéen».—*Bull. Soc. Hist. Nat. de Toulouse*. T. LXI, p. 363. Toulouse, 1931.
7. BATALLER (J. R.).—«Bibliografía del Cretácico de España».—*Est. Geol.*, n.º 1, pp. 7-108. Madrid, 1945.
8. BAUZÁ (F.).—«Breve reseña geológica de las provincias de Tarragona y Lérida».—*Bol. Com. Mapa Geol. Esp.*, T. III. 1876.
9. BIROT (P.).—«Remarque sur la structure de la zone des Sierras a l'ouest d'Artesa de Segre».—*C. R. Somm. Soc. Géol. France*.
10. — «Nouvelles remarques sur la structure de la zone des Sierras des Pyrénées catalanes».—*C. R. Somm. Soc. Géol. France*, n.º 5, p. 72. París, 1935.
11. — «Quelques reflexions sur une carte géologique du versant meridional.—Benabarre.

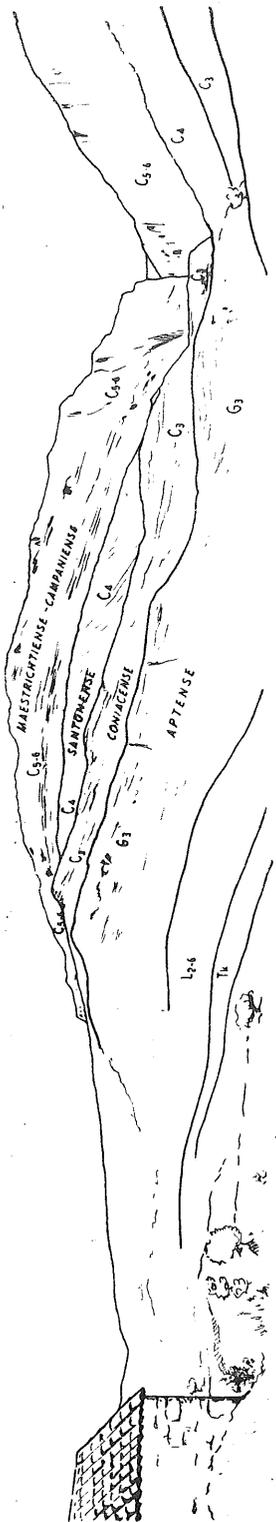
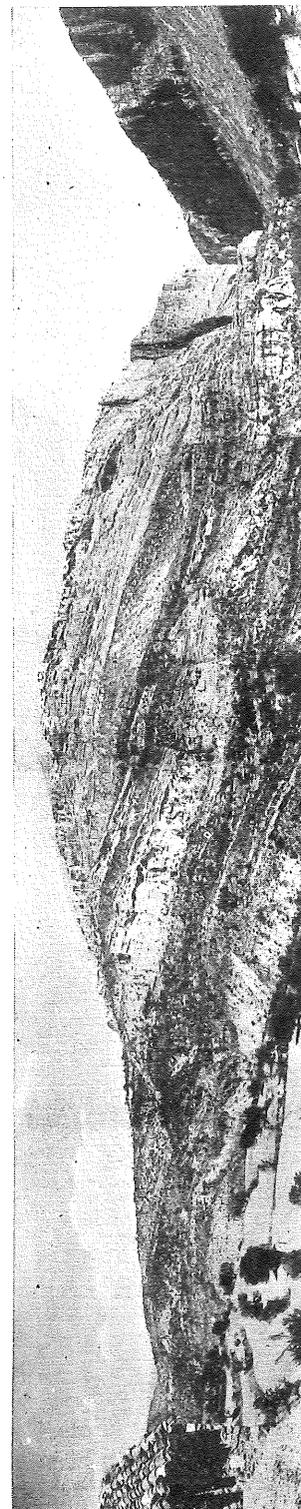
- nal des Pyrénées catalanes».—*C. R. Somm. Soc. Géol. France*, n.º 4, p. 56. París, 1936.
12. BIROT (P.).—«La structure du Sud des Pyrénées catalanes».—*C. R. Somm. Soc. Géol. France*, n.º 5, p. 82. París, 1936.
13. CAREZ (L.).—«Resumé de la géologie des Pyrénées françaises».—*Bull. Soc. Géol. France*, T. X, 4.ª serie. 1912.
14. CHEVALIER (M.).—«Structure orogénique du versant meridional des Pyrénées orientales et centrales».—*Bulleti Institució Cat. d'Hist. Nat.* Vol. XXXIII.
15. CLOSAS MIRALLES.—«Los carbonos minerales de Cataluña».—*Publ. Inst. Geol. Dip. Barcelona*, VII Miscelánea Almera, 2.ª parte, pp. 61-123. Barcelona, 1947.
16. COSSMAN (L.).—«Estudio de algunos moluscos eocénicos del Pirineo catalán».—*Bol. Com. Mapa Geol. Esp.*, T. XXIII, p. 167. Madrid, 1898.
17. CRUSAFONT (M.).—«Los mamíferos del Luteciense superior de Capella (Huesca)».—*Not. y Com. I. G. y M. de E.*, n.º 50 (fasc. 1.º), 2.º trim. 1958.
18. DALLONI (M.).—«Etude géologique des Pyrénées de l'Aragón».—*Marseille*, 1910.
19. — «Stratigraphie et tectonique de la région du Noguera (Pyrenées Centrales)».—*Bull. Soc. Géol. France*, 4.ª serie, T. XIII, pp. 234-263. París, 1913.
20. — «Sur le tectonique des Pyrenées catalanes et la pretendue nappe du Montsech».—*C. R. Ac. Sc.*, T. CLVIII, p. 1724. 1914.
21. — «Etude géologique des Pyrenées catalanes».—*Alger*, 1930.
22. FALLOT (P.) y BATALLER (J. R.).—«Sur l'allure d'ensemble et sur l'age des plissements dans les montagnes du Bas-Aragón et du Maestrazgo».—*C. R. Ac. Sc.*, T. CLXXXII, p. 398. París, 1926.
23. FERRANDO (P.).—«Geología de los Pirineos».—*Rev. Acad. Cienc. de Zaragoza*, pp. 47-68, 1 lám. Zaragoza, 1930.
24. FONRODONA (F.), MIR (R.) y GUASCH (P.).—«Estudio de la zona petrolífera del Pirineo catalán».—*Bol. Of. Min. y Met.*, n.º 49 y 50.
25. HERNÁNDEZ-PACHECO (E.).—«Ensayo de síntesis geológica del N. de la Península Ibérica».—*Junta para Ampl. Est. e Inv. Cient.* Mem. 7. Madrid, 1912.
26. HUÉ (P.).—«Sur les Pyrénées aragonaises».—*C. R. Somm. Soc. Géol. France*, p. 79. París, 1936.
27. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA.—«Hoja geológica n.º 328, escala 1 : 50.000»,
28. — «Hoja geológica n.º 290, escala 1 : 50.000».
29. — «El Cretáceo en España».—*Memorias*. T. LVII.

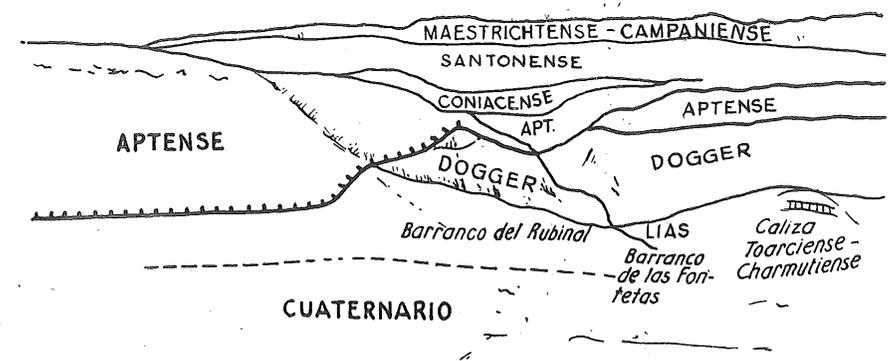
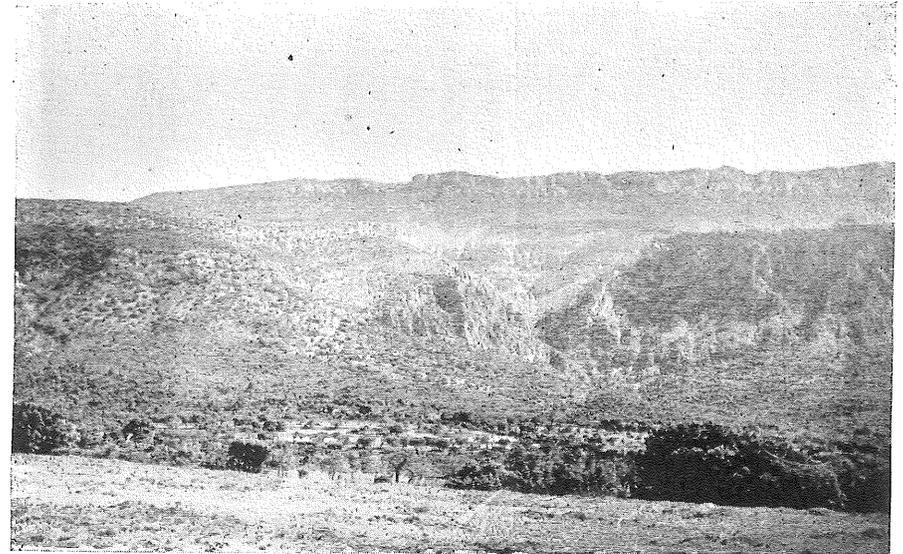
30. JACOB (CH.).—«Considerations tectoniques sur les Pyrénées».—*Bull. Soc. Hist. Nat. de Toulouse*. T. LVI, p. 239. Toulouse, 1917.
31. JACOB (CH.) y FALLOT (P.).—«La nappe de charriage du Montsech en Catalogne».—*C. R. Ac. Sc.*, T. CLVII, p. 1222. París, 1914.
32. — «A propos de la géologie du Sud des Pyrénées».—*C. R. Somm. Géol. France*, 4.ª serie, T. XXV, p. 80. París, 1925.
33. JACOB (CH.), FALLOT (P.), ASTRE (G.) y CIRY (R.).—«Observations tectoniques sur le versant meridional des Pyrénées centrales et orientales».—*Congr. Geol. Int., C. R. XIV sesión*. Madrid, 1926.
34. KELLER (CH.).—«Thrust of Montsech, key to Pirenaie orogeny».—*Geol. de la Med. Occ.*, Vol. II (parte III), n.º 17. 1931.
35. LEYMERIE.—«Recit d'une exploration géologique de la vallée du Segre».—*Bull. Soc. Géol. France*, 2.ª serie, T. XXVII.
36. LUGEON y OULIANOFF.—«Sur la géologie des environs de Camarasa».—*C. R. Ac. Sc.*, T. CLXXIX. París, 1924.
37. — «Géologie de la région du Noguera en amont de Camarasa».—*Geologie de la Med. Occ.*, Vol. III. Barcelona, 1934.
38. LLOPIS LLADÓ (N.).—«Etude de tectonique sur les alpides d'Espagne».—*Bol. Soc. Geol. Portugal*, Vol. VII, fasc. III. Porto, 1948.
39. MALLADA (L.).—«Progreso de la geología en España durante el siglo XIX».—*Discurso en la R. Acad. de Ciencias*. Madrid, 1897.
40. — «Descripción física y geológica de la provincia de Huesca».—*Bol. Com. Mapa Geol. España*.
41. MARÍN (A.).—«La depresión del Ebro. La tectónica y los yacimientos minerales».—*Bol. I. G. y M. de E.*, T. LVII. Madrid, 1944.
42. MANGIN (J. F.).—«La limite Crétacé-Tertiaire sur le versant Sud des Pyrénées occidentales».—*Extr. C. R. des Séances Acad. Sc.* París, 25 Fevrier 1957.
43. — «Nota preliminar sobre la caliza de alveolinas y nummulites de la vertiente sur de los Pirineos».—*Not. y Com. I. G. y M. de E.*, n.º 51. Madrid, 1958.
44. MISCH (P.).—«La estructura tectónica de la región central de los Pirineos meridionales».—*Publ. extranjeras sobre geol. de España*, C. S. I. C., T. IV. Madrid, 1948.
45. RÍOS (J. M.).—«Diapirismo».—*Bol. I. G. y M. de E.*, T. LX, 20.º de la 3.ª serie. Madrid, 1947.
46. REAL ACADEMIA C. Y A. DE BARCELONA.—«Las bauxitas del Pirineo de Lérida».—*Mem.* vol. XXVII, n.º 2. 1943.
47. SÁENZ (C.).—«Estructura general de la cuenca del Ebro».—*Est. Geogr.*, n.º 7, p. 249. Madrid, 1942.

48. SELZER (G.).—«Geología de las sierras subpirenaicas del Alto Aragón». *Publ. extranjeras sobre geol. de España*, C. S. I. C., T. IV. Madrid, 1948.
49. SIERRA (A.).—«Notas sobre la tectónica de Cataluña y sus relaciones con probables yacimientos petrolíferos».—*Mem. R. Acad. C. y A. de Barcelona*, T. XXIII, 3.ª época, n.º 1, pp. 1-38. Barcelona, 1933.
50. SITTER (L. U. DE).—«Corte geológico a través de los Pirineos centrales». *Not. y Com. I. G. y M. de E.*, n.º 46. 1957.
51. STILLE (H.).—«Sobre los enlaces de las cadenas de montañas del Mediterráneo occidental».—*Inst. José de Acosta, Publ. alemanas sobre geología de España*, T. 1, n.ª 2.
52. — «Nota sobre los plegamientos perméséticos y su parte surpirenaica y baleárica».—*Inst. José de Acosta, Publ. alemanas sobre geología de España*, T. I, n.º 1.
53. — «Unilateralidad en la tectónica de tipo germánico del NO. de España».—*Inst. José de Acosta, Publ. alemanas sobre geología de España*, T. III, n.º 15.
54. VERNEUIL y KEYSERLING.—«Coupes du versant meridional des Pyrénées». *Bull. Soc. Géol. France*, 2.ª serie, T. XVIII. París, 1861.
55. VIDAL (L. M.).—«Nota acerca de los hundimientos ocurridos en la cuenca de Tremp (Lérida) en enero de 1881».—Reproducido en *Revista Minera*, T. XXXII. Madrid, 1881.
56. — «La faz de la tierra en Cataluña durante varias épocas geológicas». *Mem. R. Acad. C. y A. de Barcelona*, 3.ª época, Vol. XIII.
57. — «Geología del Montsech».—*Ibérica*, Vol. 9. Tortosa, 1918.
58. — «Geología de la provincia de Lérida».—*Bolet. Com. Mapa Geol. España*, T. II. 1875.
59. — «Compte rendu des excursions dans le province de Lérida».—*Bulletin Soc. Géol. de France*, 3.ª serie, T. 26. 1848.

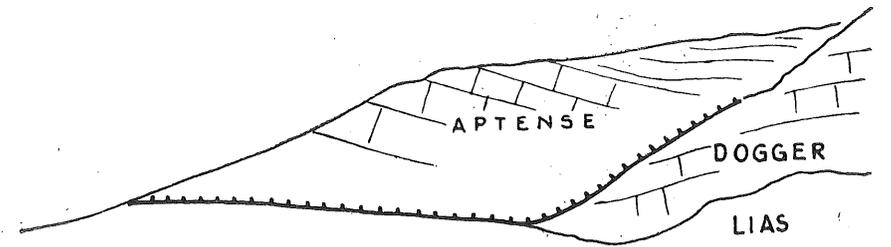
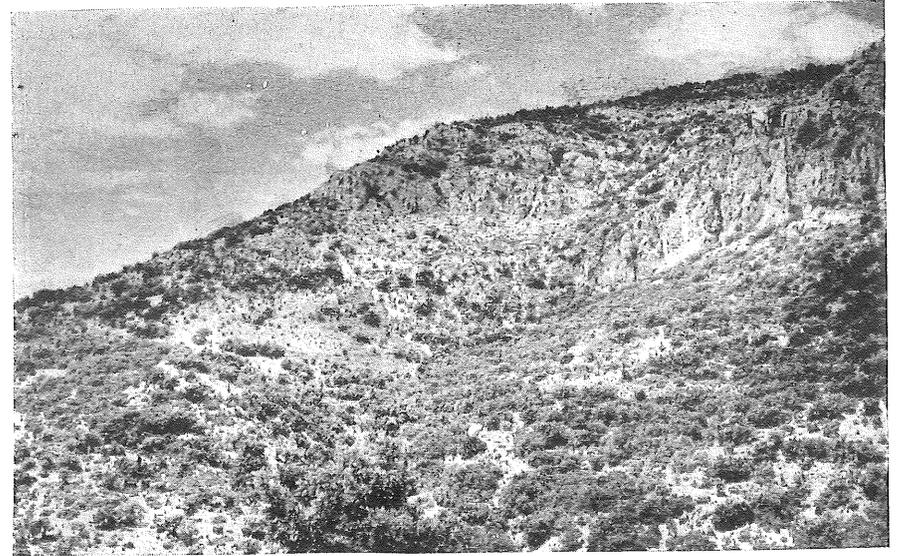
Fot. 1.—Vista general del Montsech catalán de esta Hoja, desde el borde oriental de la misma.

Fot. 2.—Montsech de Aragón desde Monfalcó. Puede observarse la sucesión estratigráfica casi completa del Mesozoico. Faltan solamente las dolomías del Dogger y la caliza urgoniana de la base del Aptense, que quedan ocultas por una falla, y el Garumnense que queda al otro lado de la sierra. A partir de las margas aptenses, hacia arriba hay caliza aptense, pasando a coniacense (más amarillentas). Por encima se ven las margas santonenses y las calizas del Campaniense-Maestrictense, en las que se estrecha el barranco del N. Ribagorzana. Hemos de hacer notar que al decir Aptense, lo hacemos con el mismo significado que hemos dado a esta palabra en el capítulo de Estratigrafía, es decir, abarcando posiblemente hasta el Cenomanense inclusive.

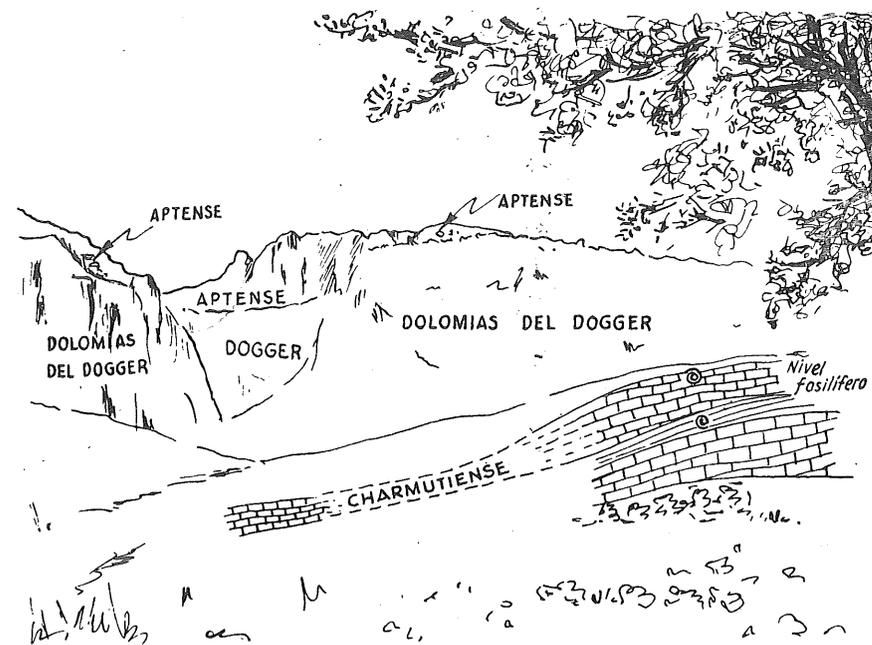
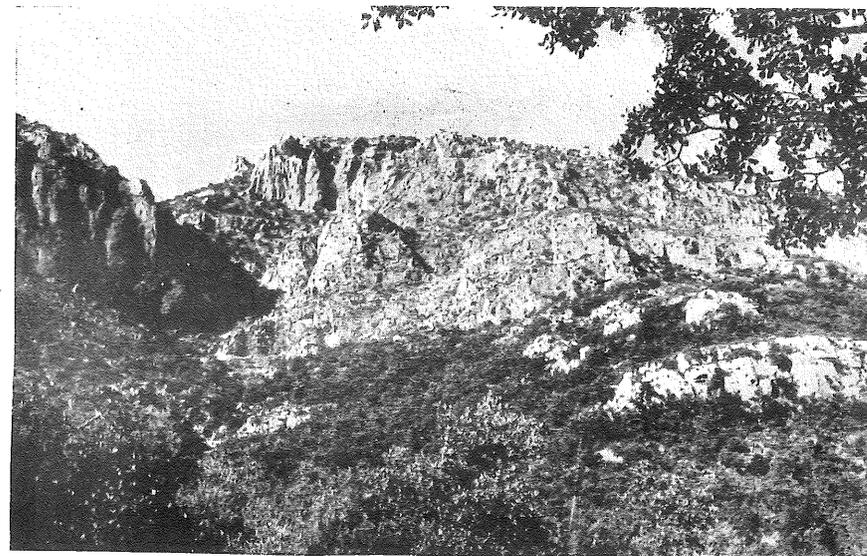




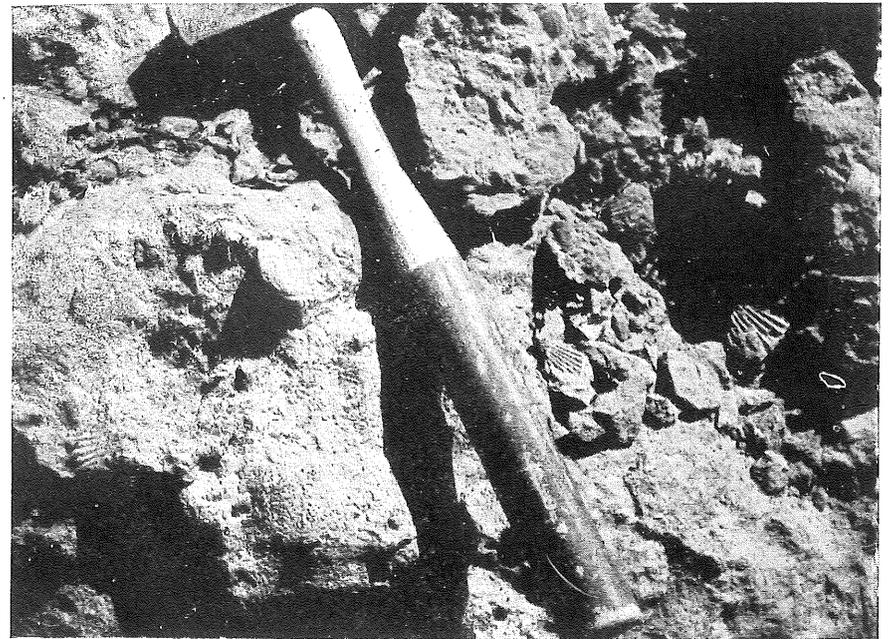
Fot. 3.—Vista del Montsech catalán desde el norte de Agulló. Un cabalgamiento hace desaparecer las dolomías del Dogger por el Oeste. Aquí la serie es más completa. Lías, las dolomías oscuras formando el primer escalón de la sierra junto con la caliza urgoniana aptense (se nota el paso por ser esta última más clara que las dolomías). Por encima sigue la serie tal como ha sido descrita en la fotografía anterior. Se ha señalado a la derecha de la fotografía el nivel de calizas liásicas que se pueden ver en detalle en la fotografía n.º 5.



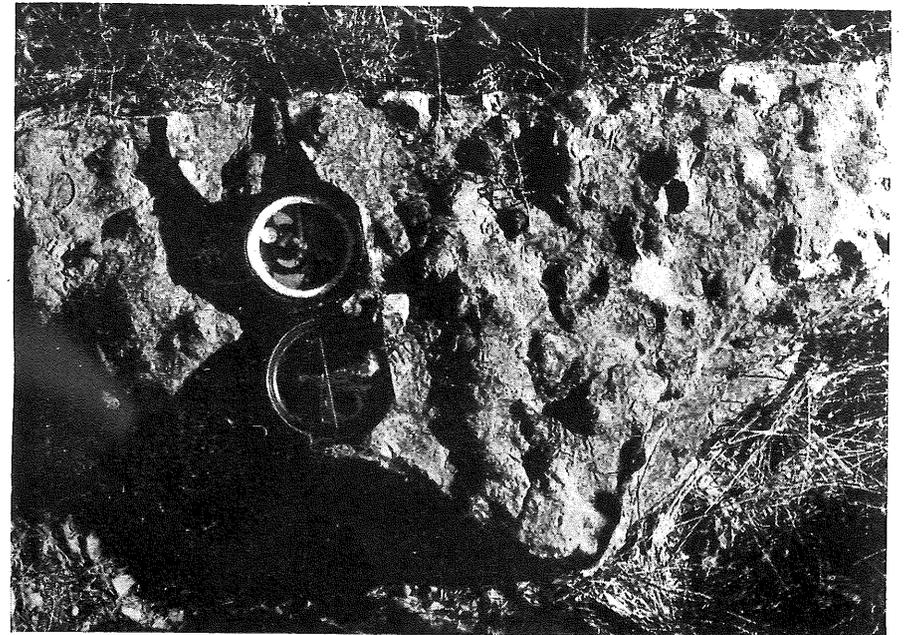
Fot. 4.—El barranco del Rubinal y la falla que oculta las dolomías del Dogger hacia el oeste.



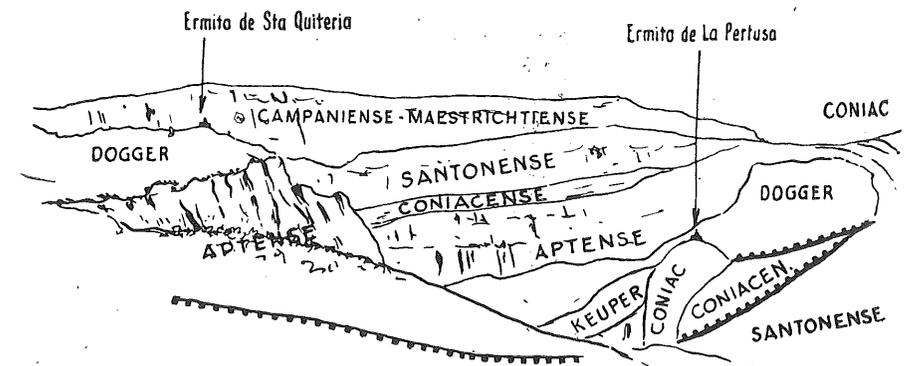
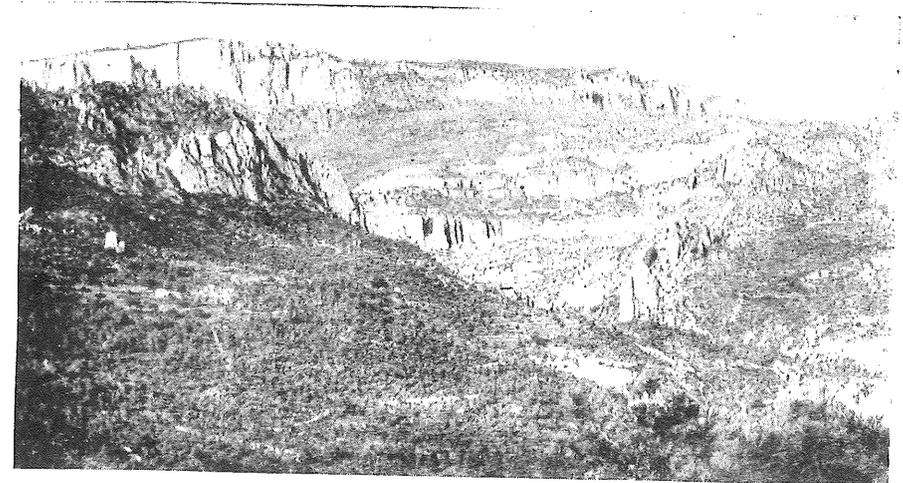
Fot. 5.—La serie en la falda del Montsech. De abajo arriba: margas, dos bancos calizos separados por un nivel margoso detrítico y por encima margas pardoamarillentas. Todo ello liásico. En las calizas abundan enormemente los fósiles del Charmutiense-Toarciense. Encima el Dogger de dolomías oscuras azoicas a las que sigue la caliza urgoniana aptense. La fotografía está tomada desde cerca del barranco de las Fontetas (que aparece en el centro) en dirección NE.



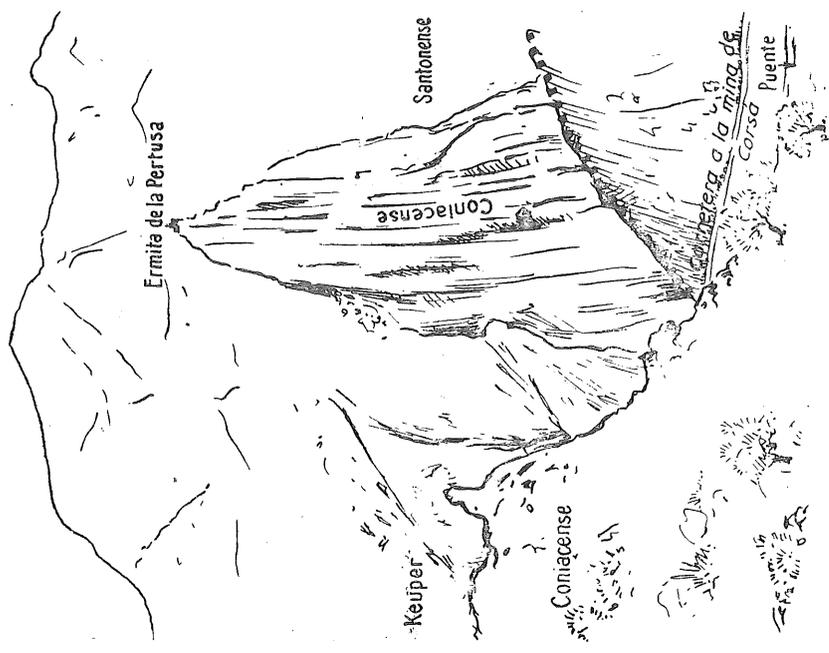
Fot. 6. —Detalle de la caliza fosilífera charmütiense, representada en la fotografía anterior.



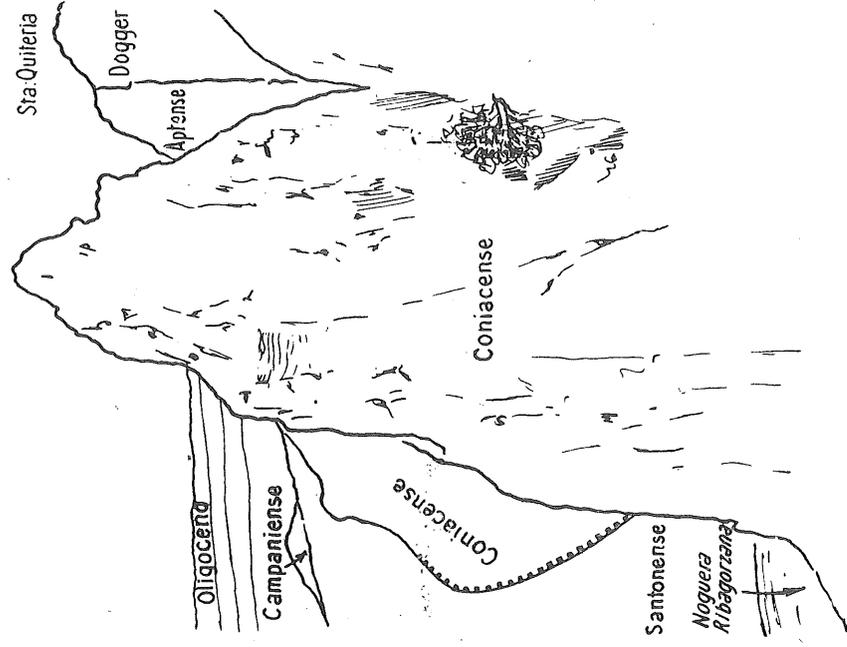
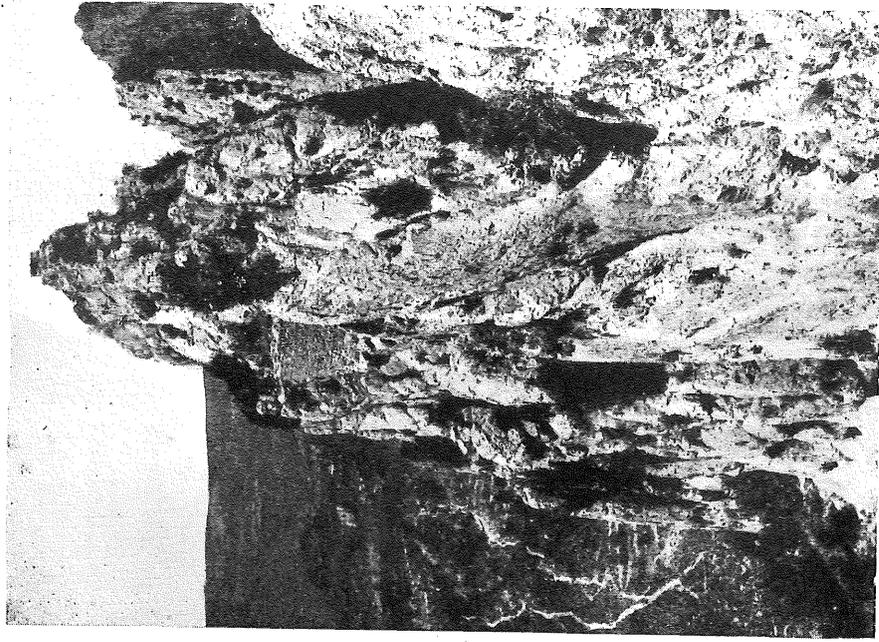
Fot. 7.—Camino del más d'en Falcó al más Nou. Caliza fosilífera charmütiense-toarciense. Es el mismo nivel que el de las fotografías 5 y 6.



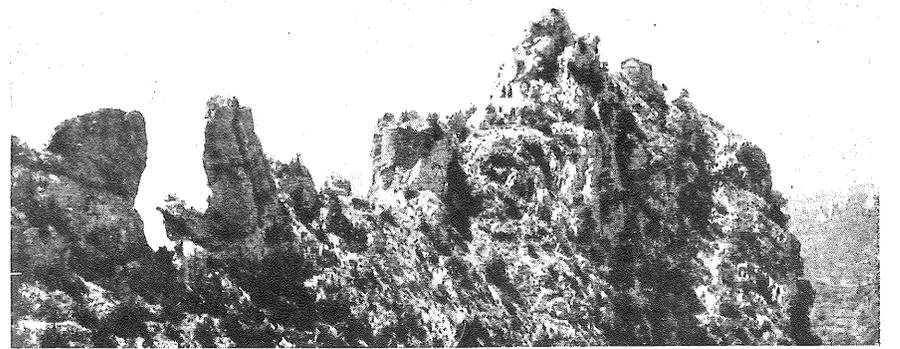
Fot. 8.—El anticlinal del Montsech, al norte de Corsá, donde se pueden apreciar ambos flancos. Fotografía tomada desde el camino de Monfalcó a Fet, en dirección Este.



Fot. 9. Cabalgamiento de La Pertusa en el flanco sur del anticlinal de Monfalcó (continuación hacia el O. del de la fotografía 8). Esta vista está tomada desde el pie de los crestones de Sta. Quiteria, hacia el E. Por el fondo del barranco va el Noguera Ribagorzana, que queda oculto en la fotografía.



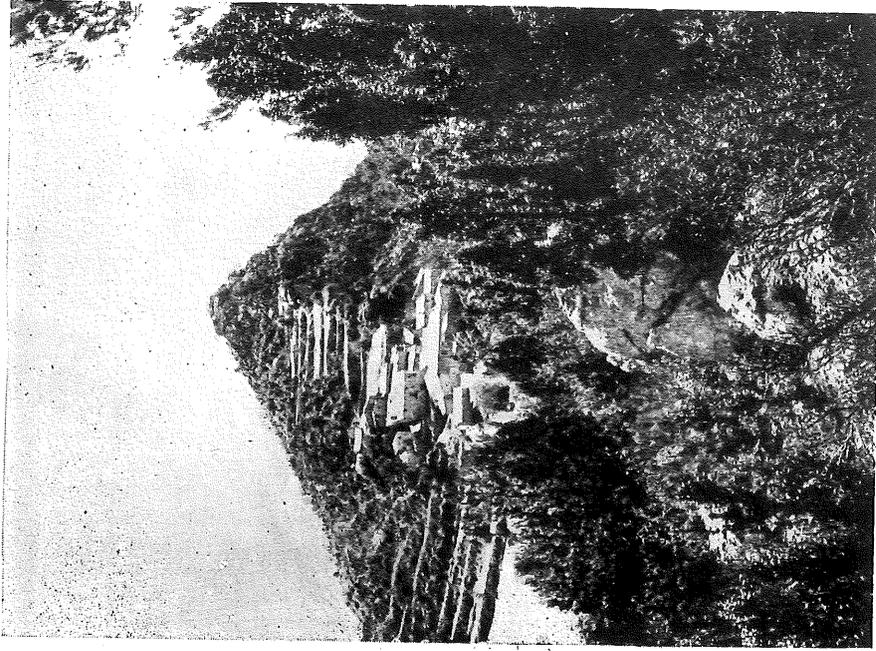
Fot. 10.—Crestón de caliza de hippurites coniacense de La Pertusa, desde el camino de La Paradina en dirección ONO.
La situación de este crestón puede apreciarse en la fotografía 8.



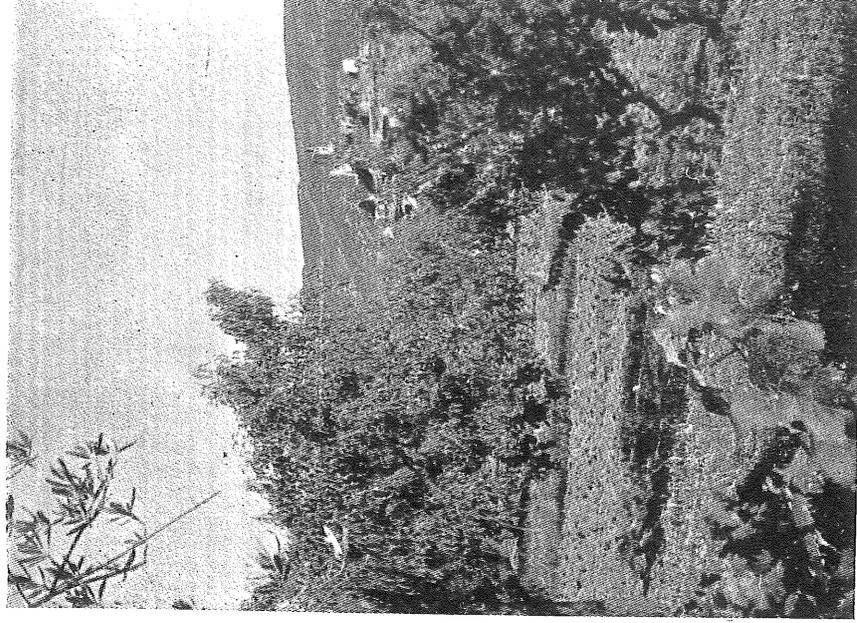
Fot. 11.— Ermita de La Pertusa en el crestón de caliza coniaciense.



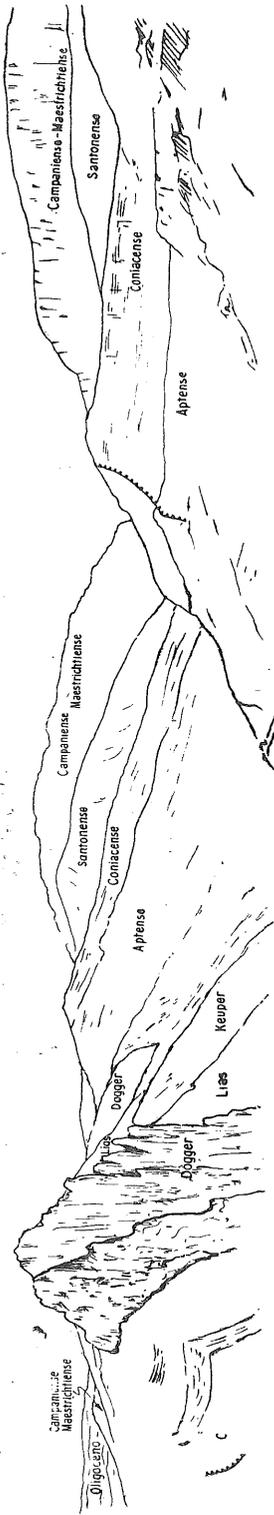
Fot. 12.— En primer término, calizas triásicas. Al fondo, paredones calizos entre margas del Keuper. Ermita de San Esteban, en Estaña.



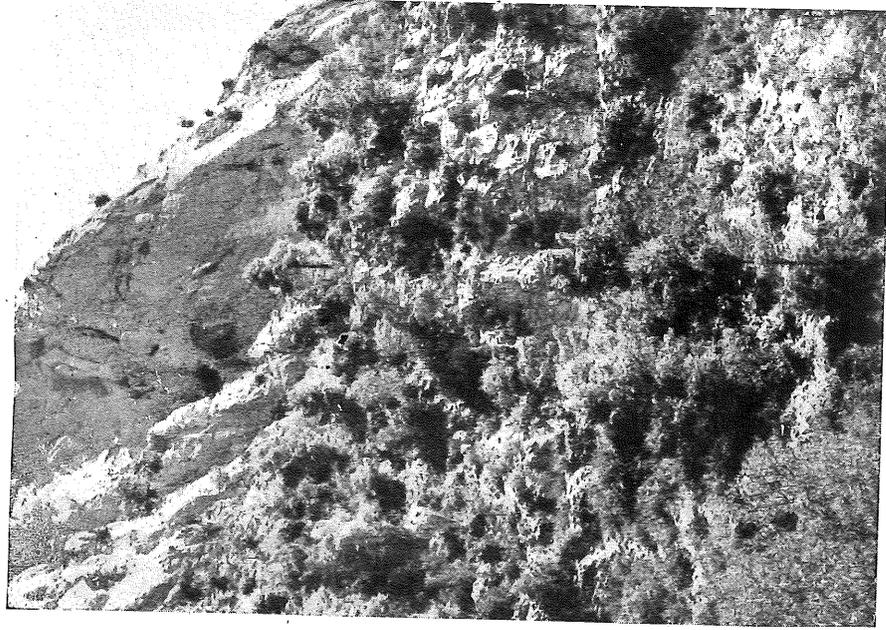
Fot. 13. — Monfalcó entre las dolomías del Dogger y la caliza aptense, en la parte oeste del cretón de Santa Quiteria.



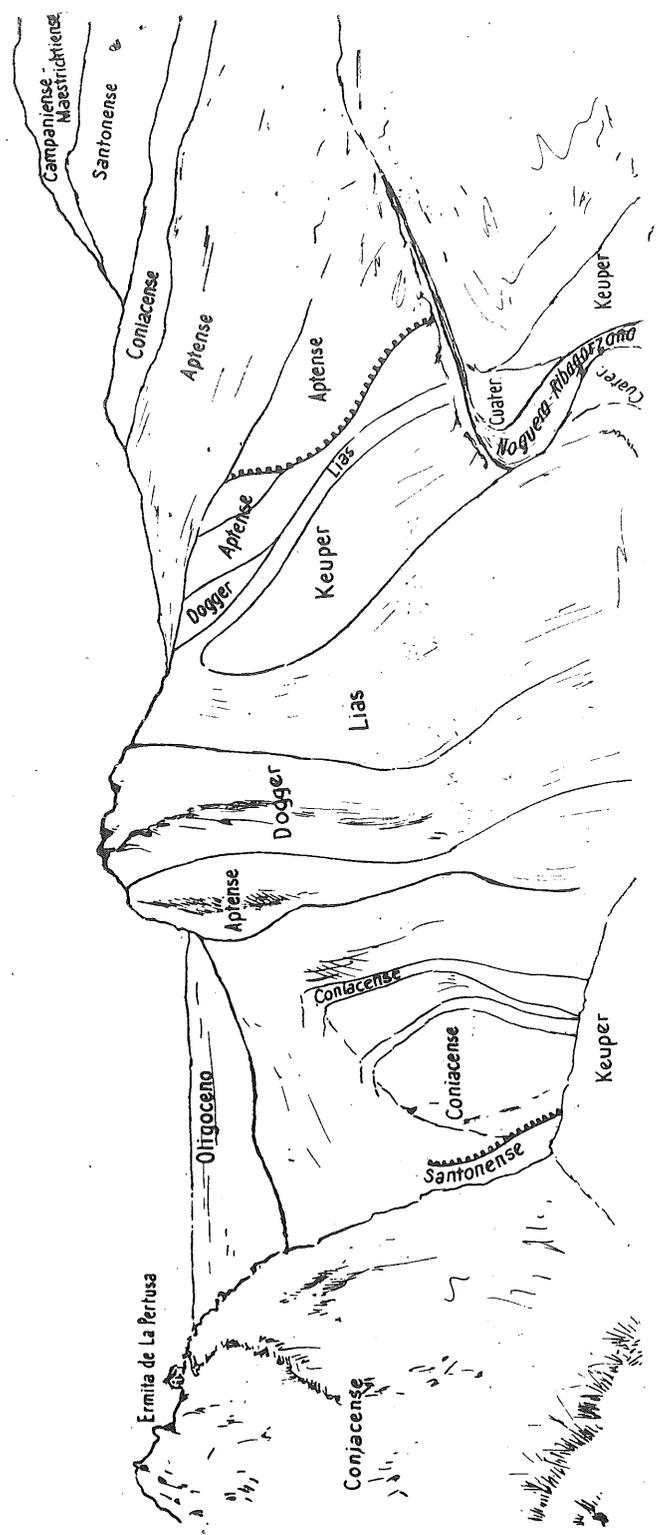
Fot. 14. — Parte antigua de Ager. Al fondo el flanco septentrional del anticlinal de Millá.



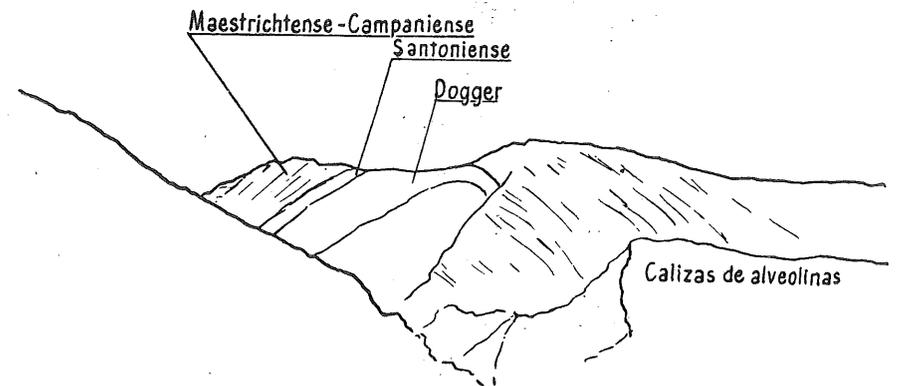
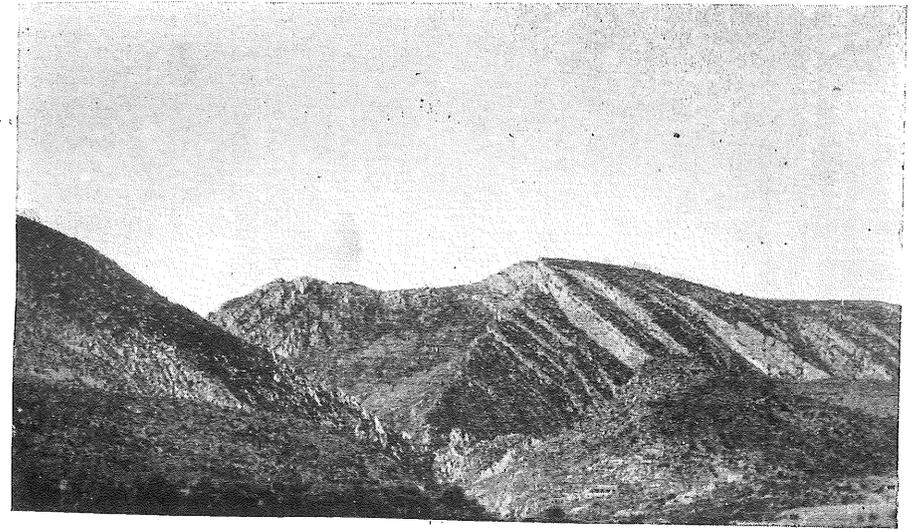
Fot. 15.— Vista general del anticlinal de Monfalcó desde la Ermita de La Pertusa, en el flanco meridional del anticlinal. En este mismo flanco se puede ver una brusca dobladura de las calizas aptenses y coniacenses que se vuelcan al Sur y llegan a ponerse horizontales. El anticlinal puede verse con más detalle en la fot. 17.



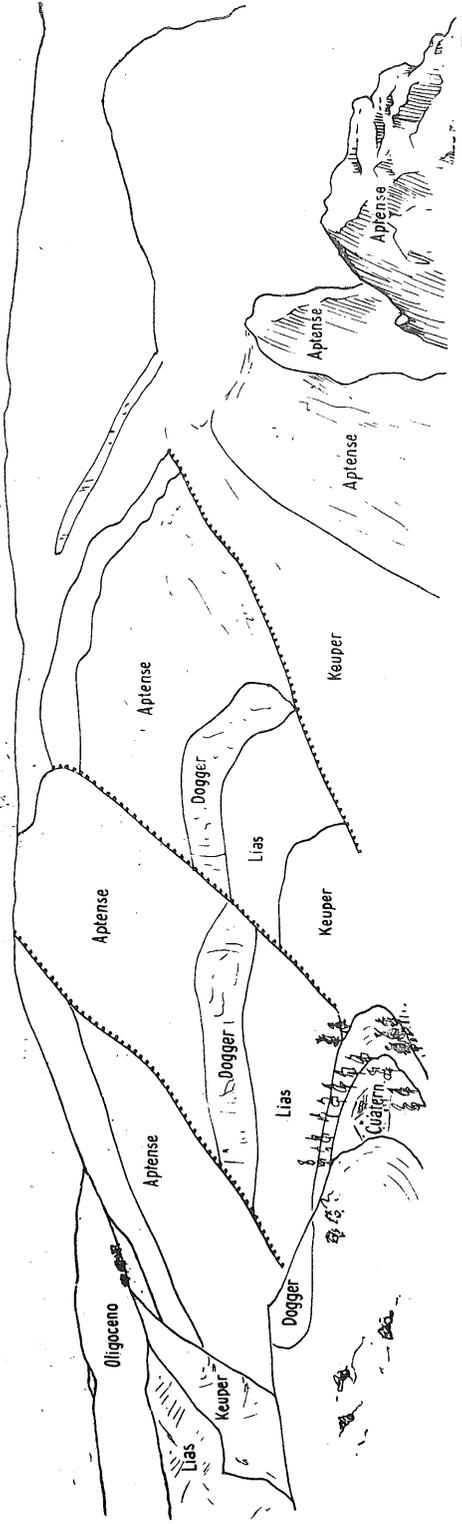
Fot. 16.—Detalle de la dobladura de que se trata en la fotografía 15.



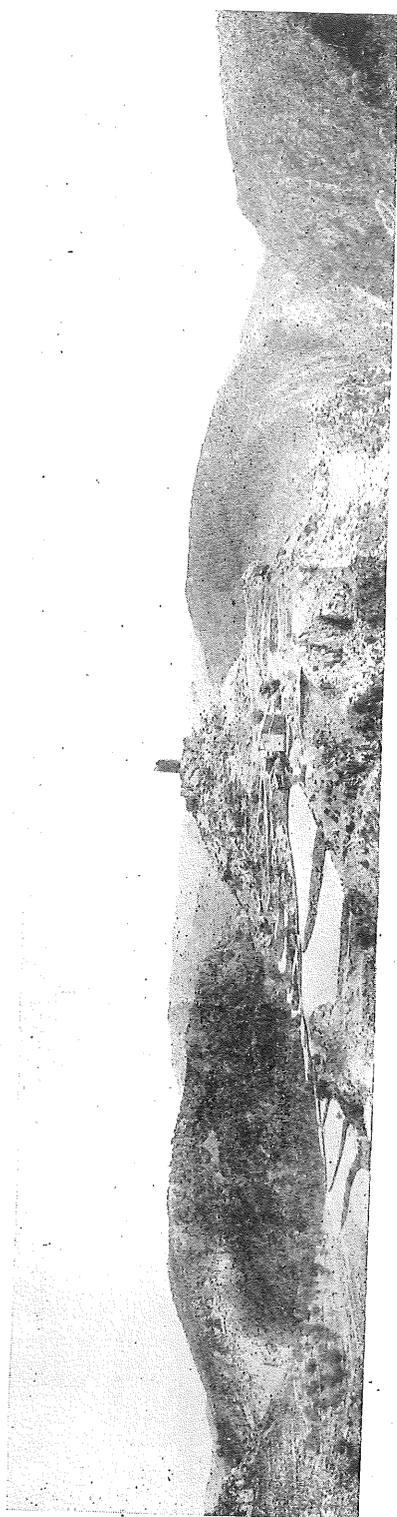
Fot. 17.—Anticinal de Monfaleó visto desde el E. La sucesión estratigráfica en el flanco septentrional ha sido expuesta en la fotografía 2, que representa aquella parte. El flanco sur volcado, aparece laminado. La fotografía está tomada desde el camino de La Paradina, sobre el plano axial del anticlinal.



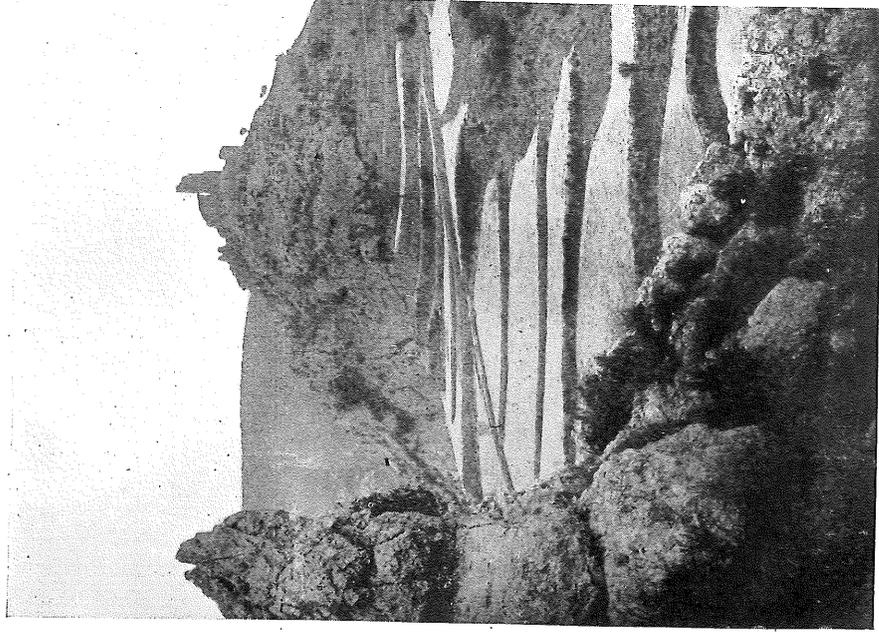
Fot. 18.—Anticlinal de Millá. Aquí la serie estratigráfica se muestra a la vista en la garganta abierta por el Noguera Ribagorzana. Difiere de la del Montsech. En el núcleo, las margas liásicas con abundante fauna. La fotografía está tomada desde el más d'en Falcó, situado al norte de Agulló, con teleobjetivo.



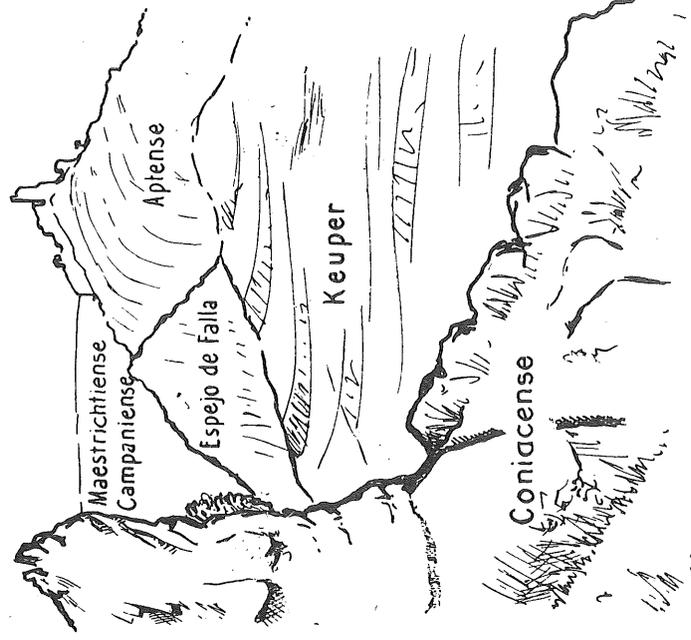
Fot. 19.—Anticlinal de Tolva. Es la continuación del Montsech y la estructura aparece complicada por diapirismo en el flanco norte. Esta fotografía, tomada desde el castillo hacia el E., muestra una de las zonas menos trastornadas de esta estructura.



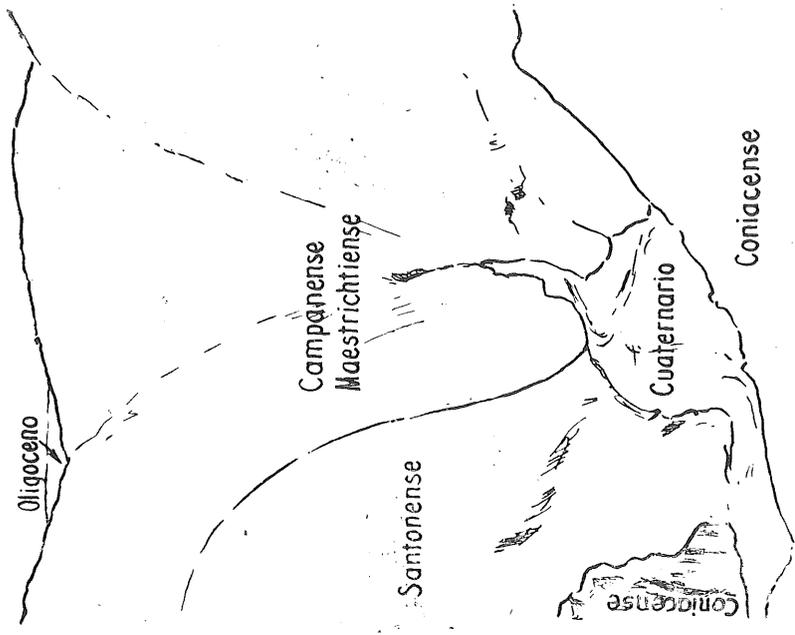
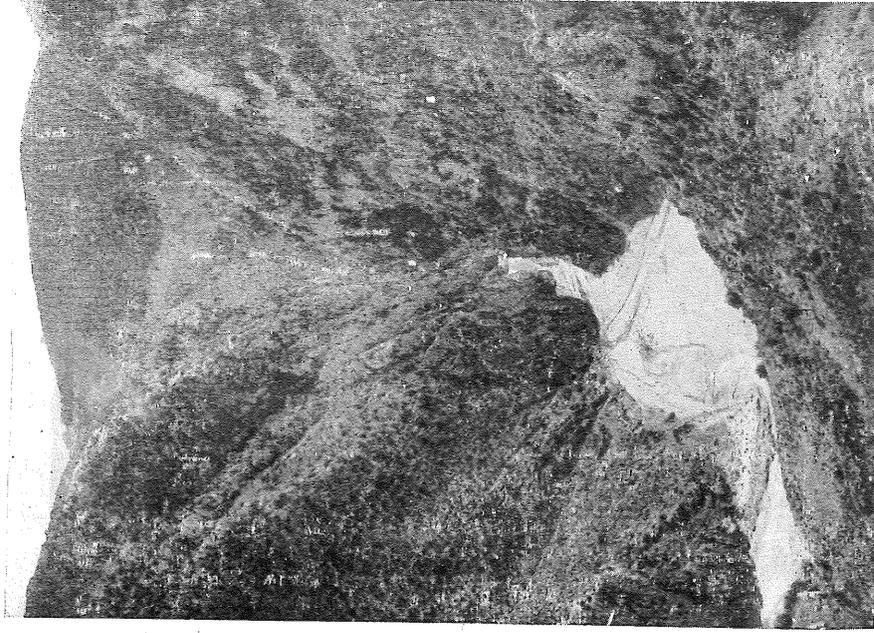
Fot. 20. — Vista más general del anticlinal de Tolva. A la izquierda se ve la situación de la estructura de la fotografía anterior. La zona del castillo puede verse mejor en la fotografía 21 y la unión de los ríos Seco y Cajigar en la 22.



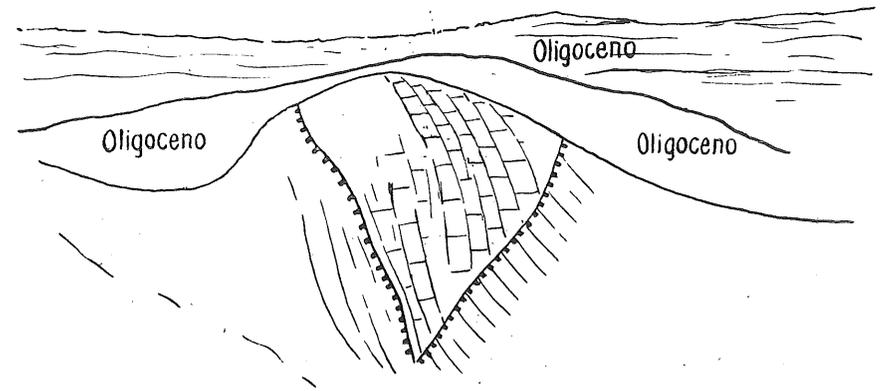
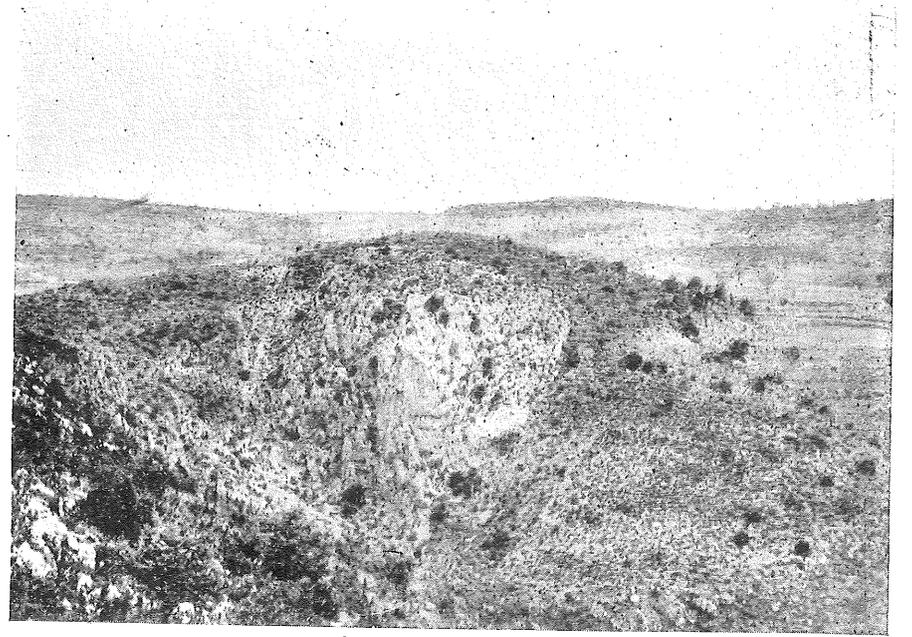
Castillo de Tolva



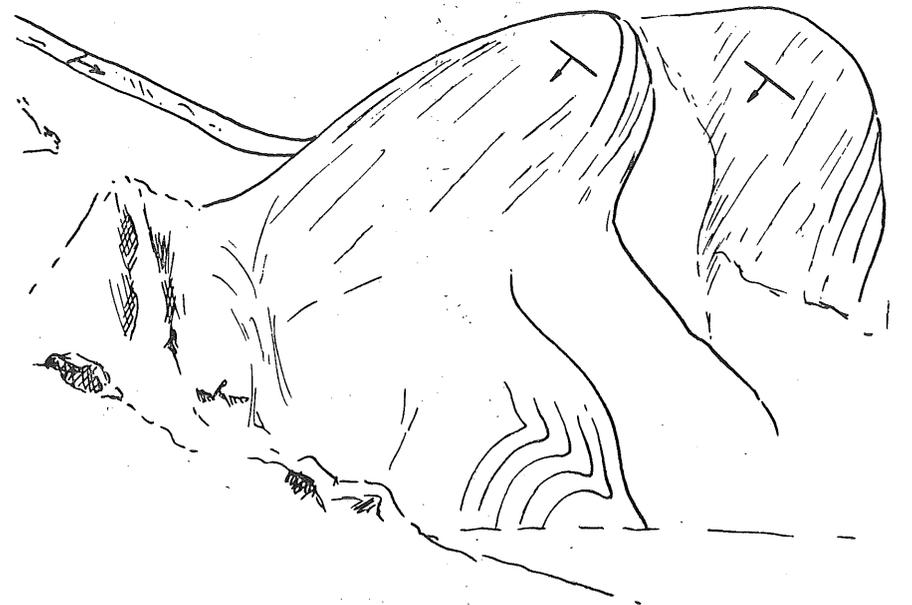
Fot. 21. —Zona entre los ríos Cajigar y Seco. Castillo de Tolva. Dirección de la fotografía aproximadamente SE.



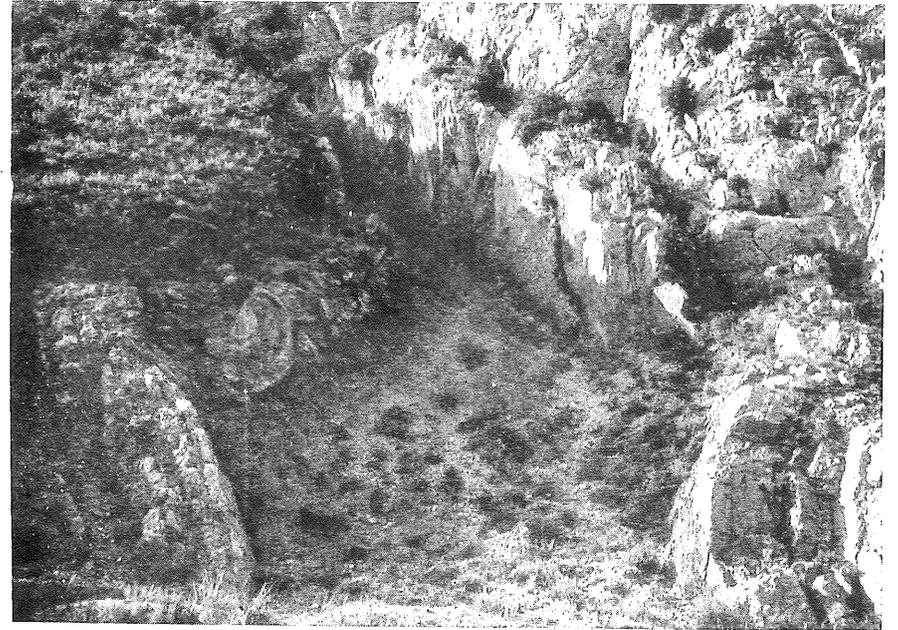
Fot. 22. — Confluencia entre los ríos Cajigar y Seco. Un bloque de caliza caído aguas abajo en el cerrado tajo ha represado parcialmente el agua, lo que ha tenido por consecuencia la formación en poquíssimos años del relleno cuaternario, que se aprecia en la fotografía.



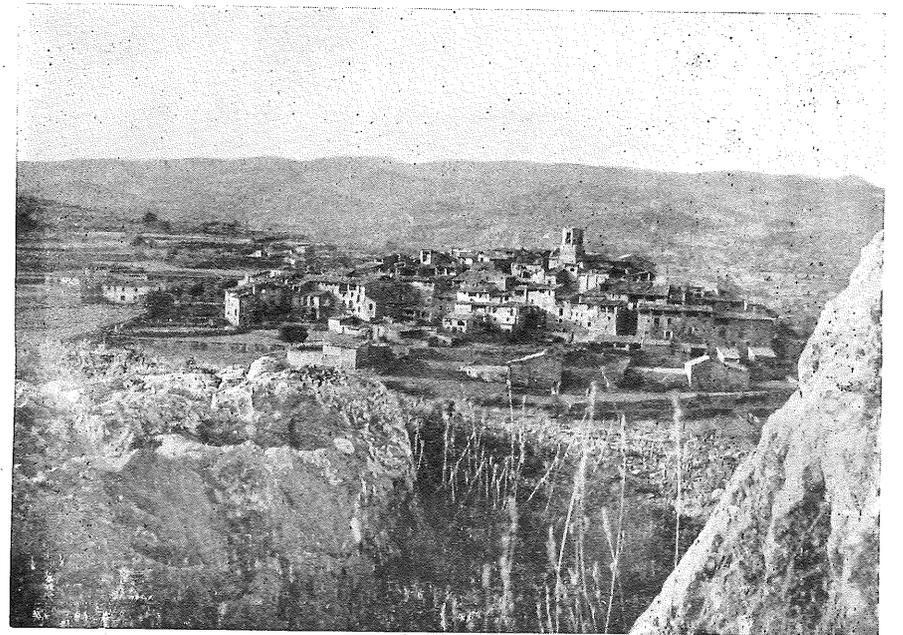
Fot. 23.—Cuña de caliza conacense entre las calizas detríticas y margas santonenses debido a una falla. Por detrás el Oligoceno.



Fot. 24. — Pliegues disarmónicos en el río Cajigar, poco antes de su confluencia con el río Seco. Se ha indicado gráficamente el rumbo y buzamiento para mostrar el volcamiento hacia el Sur de las capas aptenses y coniacenses en el flanco meridional del anticlinal de Tolva.



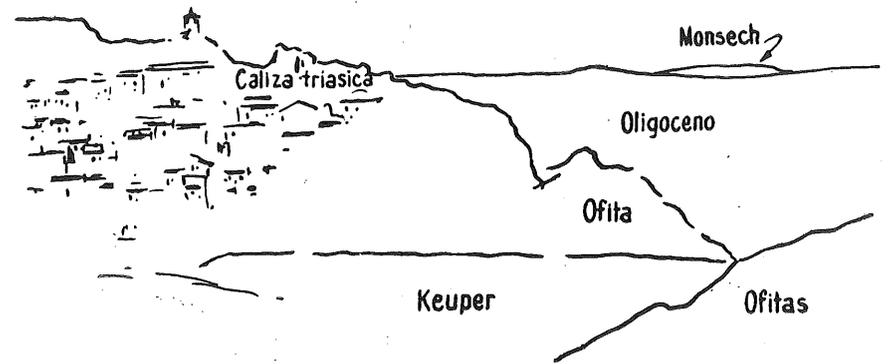
Fot. 25.—Pliegues disarmónicos en el Aptense del río Cajigar en Tolva. Entre la caliza clara de la derecha y la caliza margosa de la izquierda hay un tramo de marga arcillosa plástica. Fotografía en dirección Oeste, desde el cauce del río.



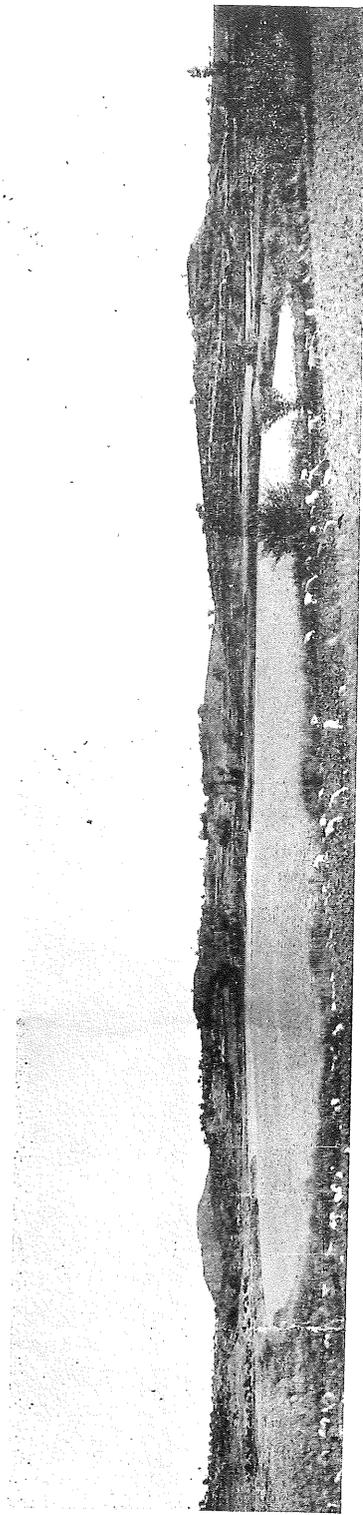
Fot. 26.—Tolva, desde el Sur. En primer término, caliza senonense levantada por el diapiro. El resto, Oligoceno. Al fondo, la sierra del Castillo de Laguarda formada por el conglomerado de base Ludense-Oligoceno.



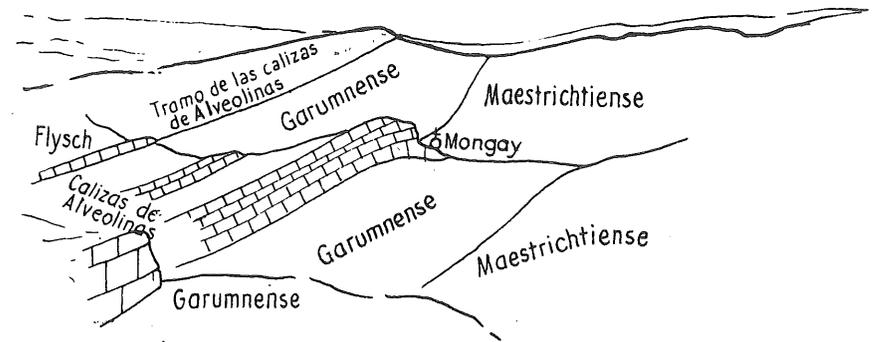
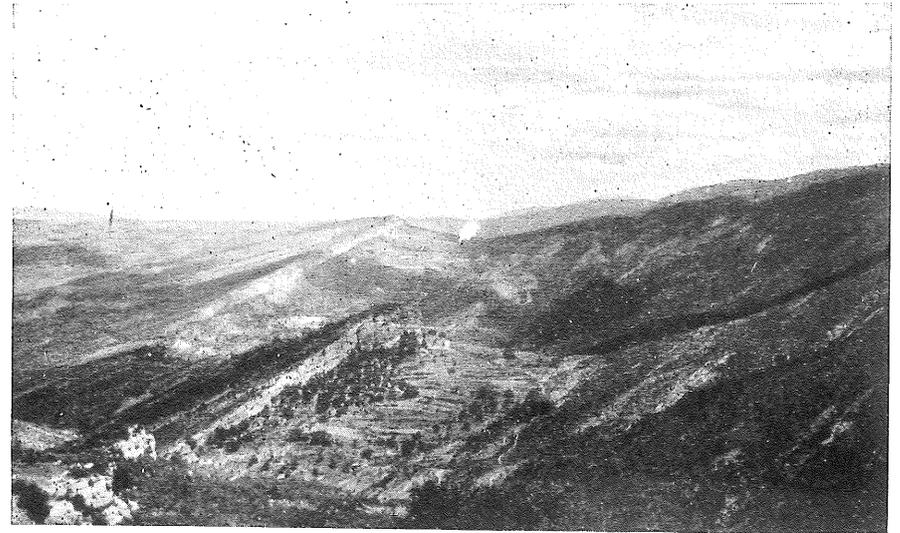
Fot. 27.—Oligoceno y caliza senonense levantados por el Keuper diapírico al sur de Tolva, sobre el río Guart. La fotografía está tomada en dirección norte.



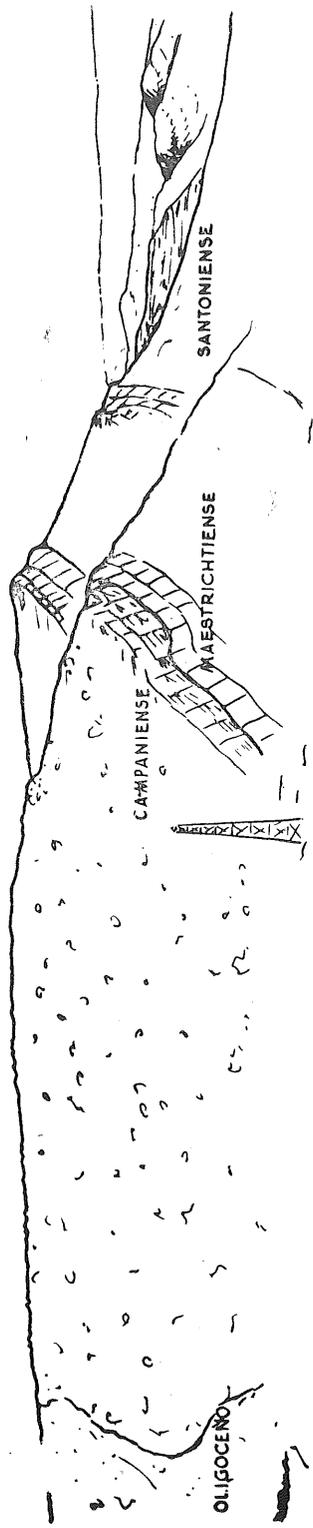
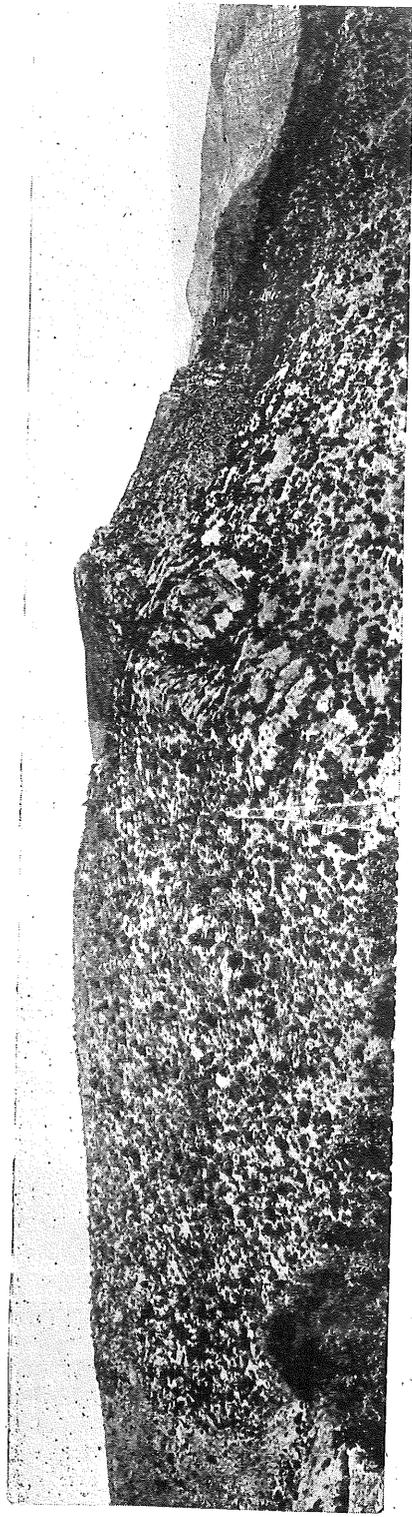
Fot. 28.—Caserras, en el borde de la mancha triásica del SO. de la Hoja.



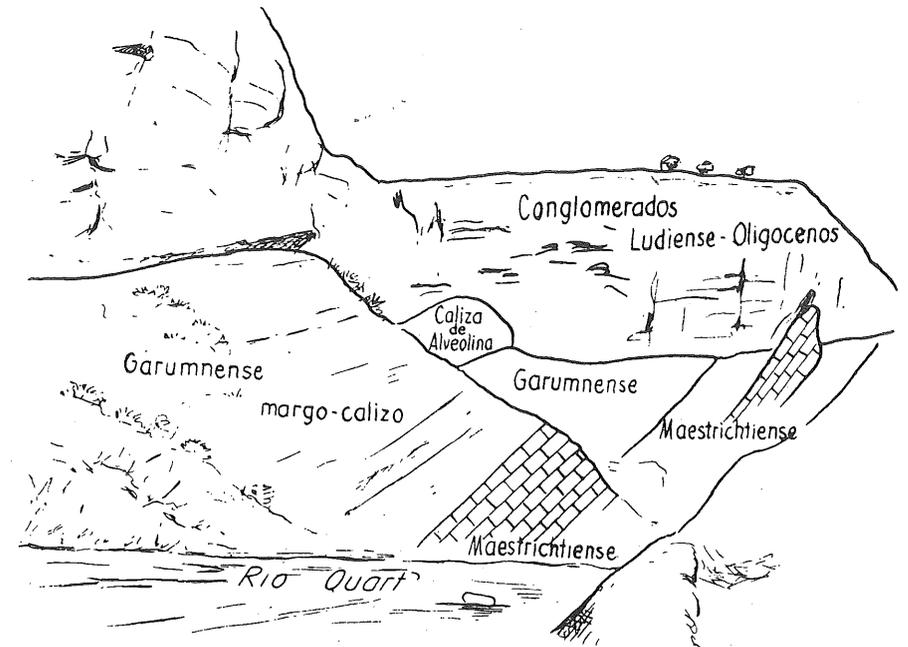
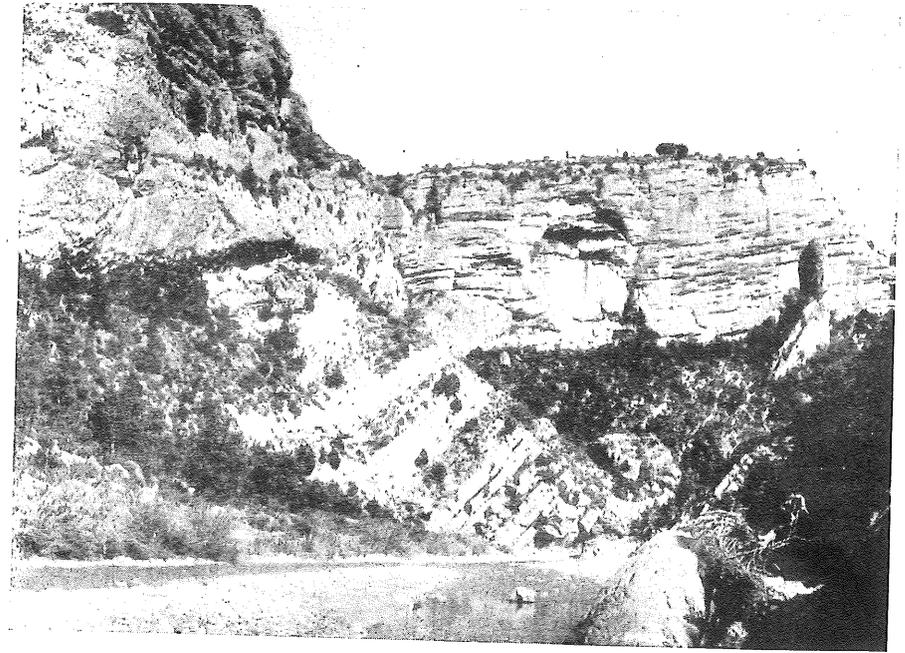
Fot. 29.— El «Estanque Grande de Abajo», una de las lagunas que se forman gracias a la impermeabilidad del Keuper, cerca de Estaña.



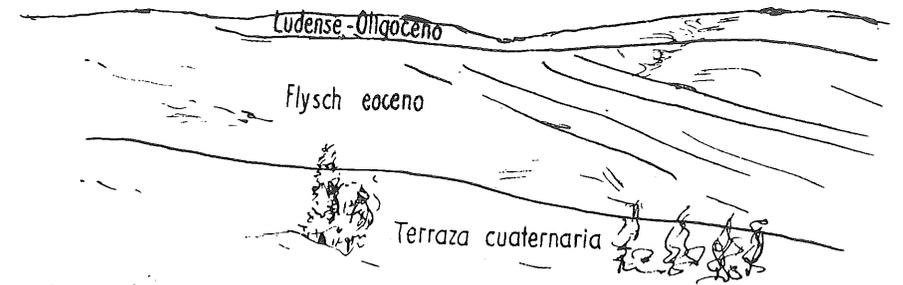
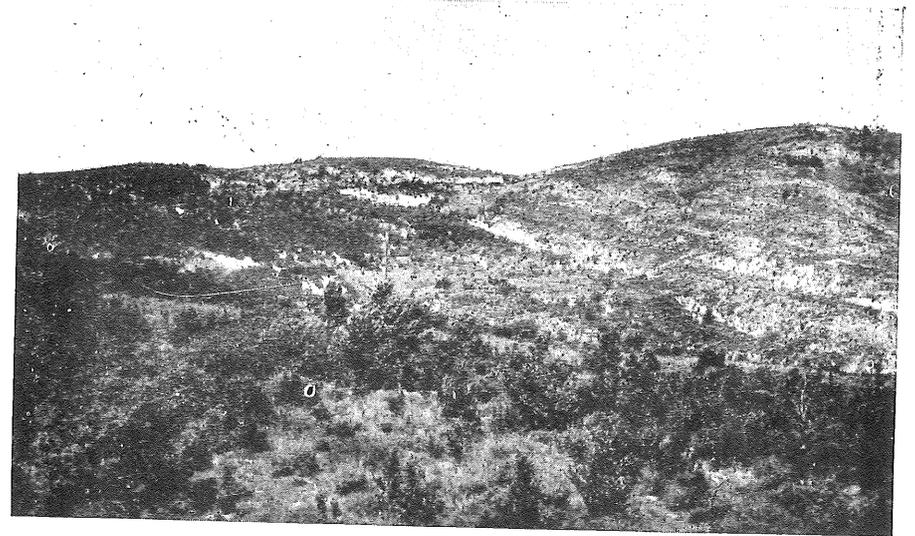
Fot. 30.—Vertiente norte del Montsech de Mongay. Sobre las areniscas y calizas detríticas del Campaniense-Maestrichtiense, las margas rojas de facies garumnense, y siguiendo a éstas el tramo de las calizas de alveolina Ypresense-Luteciense inferior. La sucesión estratigráfica de este último tramo en la zona de Mongay, descrita en el texto, puede apreciarse en la fotografía. Al otro lado del Noguera Ribagorzana se puede ver también este tramo, pero su composición ha cambiado lateralmente. La foto ha sido tomada desde el camino de Mongay a Tolva en la divisoria de la sierra, hacia el Este.



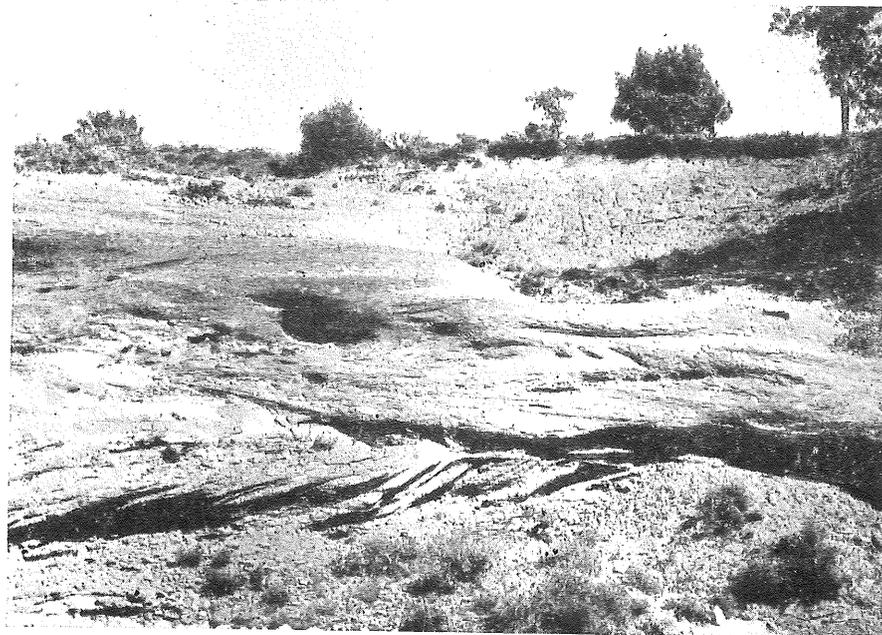
Fot. 31.—Límite occidental del Montsech de Mongay. Las calizas senonenses se sumergen en los conglomerados oligocenos. La fotografía está tomada desde el más de Chiquet, al norte de Estal, hacia el Este.



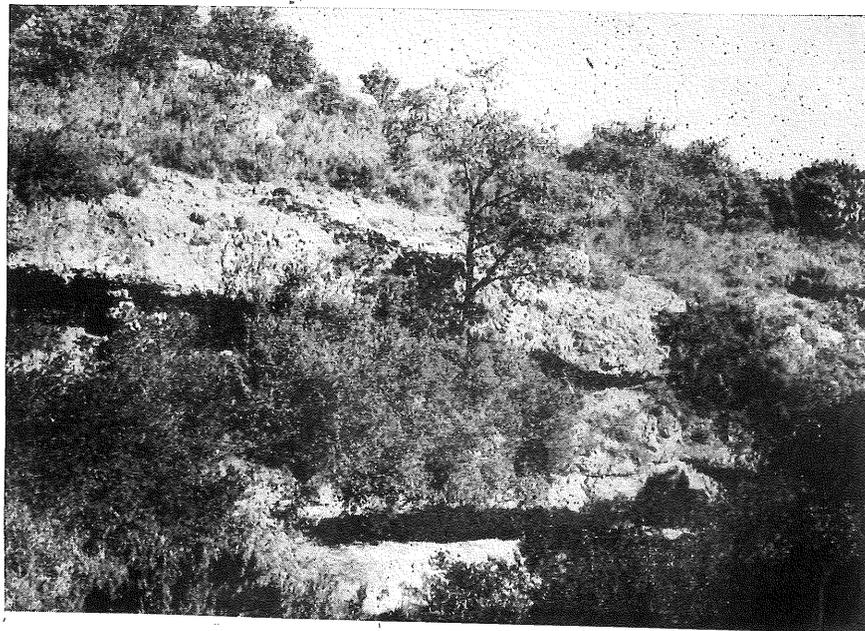
Fot. 32.—Discordancia del conglomerado de base oligoceno con el Eoceno y Cretáceo en el río Guart, ya en el borde sur de la la Hoja. Las calizas campanienses-maestrichtienses ya no son detríticas, ni el Garumnense tiene los tonos rojos como al norte del Montsech. La caliza de alveolina, que apenas se ve en la fotografía, poco más al NO. aflora en ambos lados del río, siempre bajo el Oligoceno.



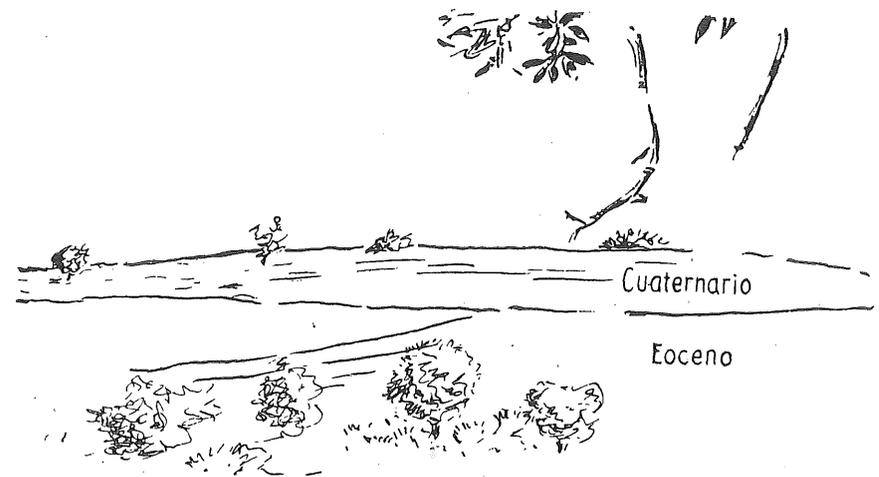
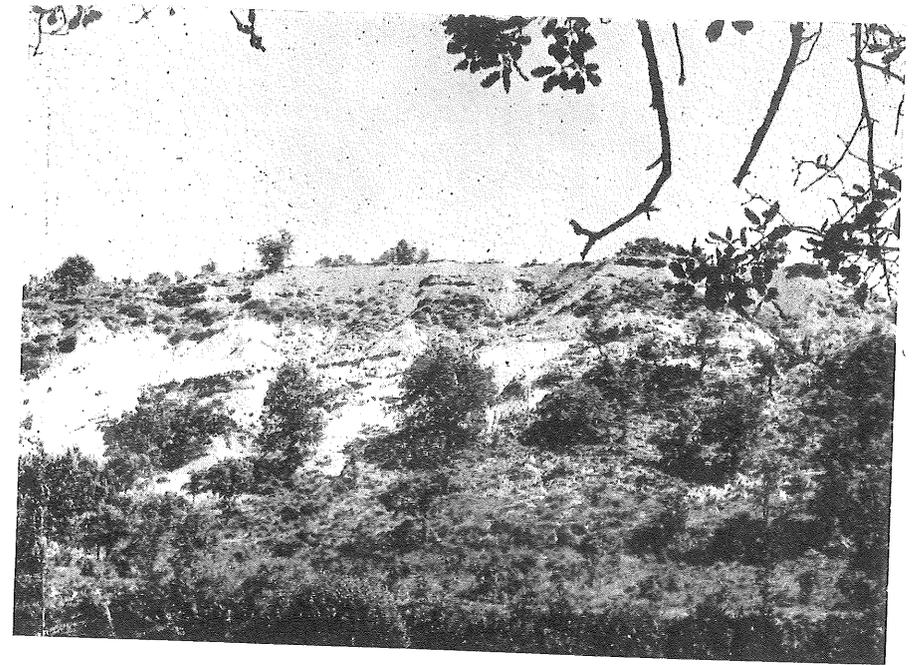
Fot. 33. —Discordancia entre el conglomerado de base del Ludense-Oligoceno y el flysch eoceno. Fotografía tomada desde el camino de Litera a Estal, junto al barranco del Romani, en dirección oeste. En primer término, una amplia terraza cuaternaria con abundantes cantos rodados procedentes de la erosión de los conglomerados oligocenos.



Fot. 34.—Estratificación cruzada en el Luteciense medio del sinclinal de Fet. Las características de este tramo varían a uno y otro lado del Montsech, siendo mucho más costera la deposición aquí que al Norte. La fotografía está tomada cerca del Km. 5 de la carretera de Agulló a Corsá, en dirección noreste.



Fot. 35.—Conglomerados del Luteciense medio. Fotografía tomada a poca distancia al norte de la anterior. Estos bancos de conglomerados son discontinuos lateralmente. En toda esta zona los cambios laterales son frequentísimos.



Fot. 36.—Areniscas y margas del Luteciense medio en el barranco del más Nou, al NO. de Agulló. Sobre ellas lastrones travertínicos cuaternarios. Fotografía tomada en dirección Este.