INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

ESCALA 1:50.000

EXPLICACION

DE LA

HOJA N.º 175

SIGÜÉS

(ZARAGOZA)

MADRID
C. BERMEJO, IMPRESOR
J. García Morato, 122.—Tel. 33-06-19
1959

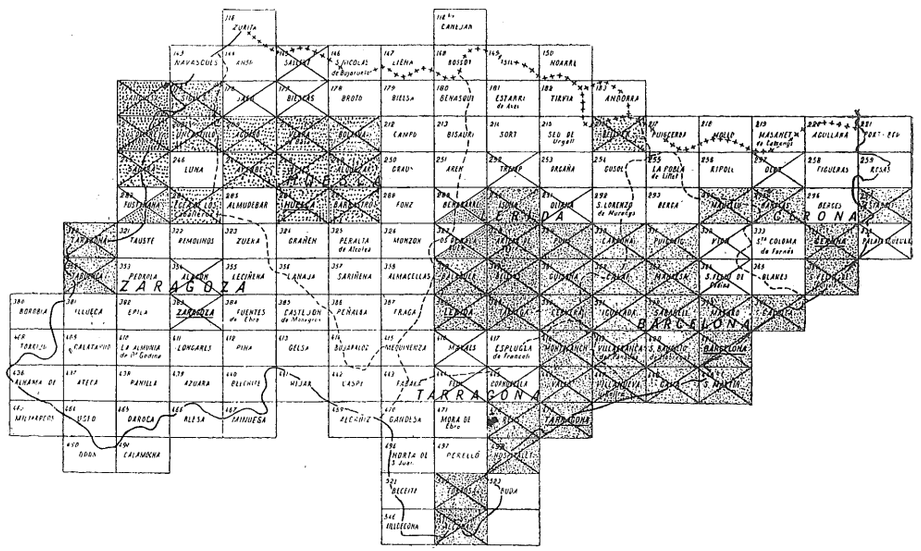
Esta memoria explicativa ha sido estudiada y redactada por D. MANUEL ALVARADO y D. EMILIO TRIGUEROS.

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.

Depósito Legal M. 6.225.-1958

TERCERA REGION GEOLOGICA

SITUACION DE LA HOJA DE SIGÜÉS, NUMERO 175



Publicada En prensa En campo

PERSONAL DE LA TERCERA REGION GEOLOGICA

Jefe: D. Antonio Almela.

Subjefe: D. Augusto de Gálvez Cañero.

Ingeniero: D. Juan E. Coma.

INDICE

	Páginas
I.—Antecedentes y rasgos geológicos	5
II.—Rasgos de Geografía Física y Humana	9
III.—Estratigrafía	15
IV.—Tectónica	23
V.—Historia geológica	31
VI.—Hidrología subterránea	35
VII.—Minería y canteras	41
Bibliografía	43

CAPITULO PRIMERO

ANTECEDENTES Y RASGOS GEOLÓGICOS

Hasta tiempos muy recientes no ha sido objeto, la zona de la Hoja de Sigües, de estudios geológicos detallados. Las primeras obras de que tenemos noticia son en su mayoría descripciones geográficas generales, algunas de las cuales incluyen datos estratigráficos.

En orden cronológico, el primer trabajo geológico importante de que tenemos noticia, es el magnífico estudio de Mallada (18), sobre la provincia de Huesca, y que comprende una pequeña parte de nuestra Hoja.

Los geólogos franceses Cárez (4) y Dalloni (7) en los primeros años del siglo actual publican sus trabajos sobre la geología de los Pirineos aragoneses y navarros, en los que aparecen completadas las series estratigráficas de Mallada.

En los últimos años se ha desarrollado en la región una campaña geológica bastante intensa. Han sido numerosos los geólogos que nos han precedido en el estudio de esta zona, si bien, la mayoría no han llegado en sus excursiones hasta la superficie de la Hoja. No obstante sus estudios, nos han sido de mucha utilidad por la estrecha relación que guardan con la misma.

Selzer (22) geólogo alemán de la escuela de Stille, resume todas las observaciones estratigráficas anteriores y las enriquece con las propias en un mapa a escala 1:350.000, que representa con bastante fidelidad, muy superior desde luego a la de los mapas anteriores una extensa área de la región alto-aragonesa.

Obras cuyo carácter es principalmente tectónico, son las de Jacob, Fallot, Astre y Ciry y la del geólogo alemán Misch (22). A ellas nos hemos de referir en el capítulo de Tectónica.

El problema del límite del Cretáceo-Terciario en la vertiente Sur de los Pirineos occidentales es estudiado por J. Mangin (20).

Precisamente en la superficie de la Hoja de Sigües, hemos podido apreciar el cambio lateral de facies, del Garumnense continental al Danés marino, aunque este último por su analogía de facies con las calizas superiores eocenas, no haya podido ser separado en la representación efectuada.

Es muy interesante el estudio paleontológico realizado por Hernández Sampelayo en el flysch eoceno de Yesa y en cuanto a las obras típicamente mineras hemos consultado el trabajo de del Valle (8) sobre el descubrimiento de la cuenca potásica navarra, y el de Marín (19), sobre los yacimientos minerales de la depresión del Ebro.

El problema de los cobres y arenas cupríferas del Oligoceno aragonés ha sido estudiado primeramente por Gimeno (10) y últimamente por Romero Ortiz (26).

Hemos dejado de intención para lo último, los trabajos realizados en la región por Almela, Ríos, Alastrue y Garrido (1), (2) y (25), ya que ellos nos han servido de base y de guía para la realización de la presente Hoja; especialmente el estudio que de la Sierra de Leire hicieron Ríos, Almela y Garrido en su «Contribución al conocimiento estratigráfico y tectónico del Pirineo Navarro».

Los trabajos que han dado, pues, lugar a la publicación de esta Hoja fueron comenzados por los Sres. Almela, Garrido y Ríos en el año 1948 y continuados por los Sres. Trigueros, y Alvarado en el año 1957, con la colaboración del Sr. Ríos.

Hemos podido consultar también, las Hojas geológicas publicadas por el Instituto Geológico y Minero de España, a escala 1:50.000, de Sangüesa, Uncastillo, Sos del Rey Católico y Agüero, que por su proximidad a la de Sigües nos han sido de gran utilidad.

Además de las Hojas ya citadas, hemos podido consultar las diferentes ediciones del Mapa Geológico de España a escalas 1:400.000 y 1:1.000.000.

Son especialmente interesantes las recientes ediciones de 1952 y 1955 de este último mapa.

Rasgos geológicos.

Geológicamente el área representada en esta Hoja forma parte de la región intermedia de la margen septentrional de la depresión del Ebro, allí donde los estratos oligocenos dejan su posición horizontal, muy tendida, y se originan los primeros pliegues, simétricos pero ya bastante violentos.

En su mitad septentrional alcanza ya las sierras marginales, eoceno-cretáceas, con pliegues violentos, rotos y cabalgantes hacia el Sur, es decir, sobre la depresión.

Gran parte de la superficie de la Hoja está constituída por el Oligoceno, homogéneo y monótono, compuesto casi exclusivamente de tramos alternantes de areniscas y margas de tonos rojizo - amarillentos.

Diversas formaciones cuaternarias de aluviones, de ladera o de cauce, cubren áreas importantes de la Hoja, sustrayendo a la observación las formaciones infrayacentes.

La serie estratigráfica de la Hoja de Sigües es muy sencilla. De acuerdo con las características generales de toda esta región, en la cual se observa una falta de deposición entre el Trías y el Cretáceo superior, es el Senonense la formación más antigua que encontramos en la Hoja.

En ella hemos podido distinguir tres tramos. El Inferior, compuesto por unas calizas arenosas de grano más bien grueso; el Medio, formado por margas azuladas pizarrosas, y el Superior, el más característico, extenso y potente de los cretáceos de la Hoja. Se trata de calizas decalcificadas superficialmente, de colores pardo-oscuros en superficie y grises al corte, con bancos de pudinguillas de cuarzo coloreado, que aunque de pequeña potencia, ocupan en ocasiones gran extensión superficial.

En la superficie de la Hoja se encuentra el tránsito del Garumnense al Danés. El primero lo constituyen unas margas finamente tableadas, casi pizarreñas, de colores muy vivos y variados. Su existencia es el criterio más importante de separación entre los terrenos secundarios y terciarios, aun en los casos en que está recubierto por derrubios.

Hacia la parte occidental de la Hoja, el Garumnense desaparece y la separación entre el Cretáceo y el Eoceno la constituyen unas calizas grises en bancos potentes, que de un modo gradual pasan a la caliza de Alveolinas.

El espesor aproximado de este tramo es de unos 40 metros.

El Terciario comienza en el Eoceno que presenta dos tramos claramente diferenciados; el inferior formado por calizas compactas en bancos potentes con Alveolinas y Nummulites, y el superior de

margas azuladas que insensiblemente y hacia su parte alta pasan a una típica facies flysch de colores más pálidos.

En tránsito gradual desde el flysch, van aumentando los bancos de caliza en frecuencia y potencia, al mismo tiempo que se hacen más arenosos, hasta formar un tramo netamente diferenciado, que hemos incluído en el Ludense-Oligoceno, constituído por bancos de arenisca de mediano grosor, rojizos, con intercalaciones de arcillas. Este piso es de facies muy monótonas y de más de 2.000 metros de potencia.

El cuartario está constituído por aluviones de ladera, especialmente en la falda meridional de la Sierra de Leire y los depositados por el río Aragón en su amplio cauce.

Rasgos tectónicos.

El accidente tectónico más importante de la Hoja de Sigües lo constituye el violento pliegue, roto y cabalgante hacia el Sur de la Sierra de Leire.

El resto lo forman el amplio valle del Aragón y la parte meridional ocupada por terrenos oligocenos, en el que se aprecian grandes accidentes tectónicos y multitud de pequeños, la mayor parte de las veces imposible de señalar en el mapa adjunto.

Las directrices tectónicas de potencia incrementante hacia el Norte, son de arrumbamiento pirenaica.

No hemos observado en la Hoja, discordancia entre las formaciones eocenas y oligocenas, y de existir debe de ser muy débil.

Las fases sávicas son las que al actuar con muy señalada intensidad, han suministrado la arquitectónica de esta zona del país.

No hemos visto acumulaciones de conglomerados, como sucede en la zona más al Sur, dentro del Oligoceno.

CAPITULO II

Rasgos de Geografía Física y Humana

Generalidades.

La Hoja número 175 del Mapa Topográfico Nacional, a escala 1:50.000, denominada Sigüés, está limitada por los meridianos 2º 30′ y 2º 50′, y los paralelos 42º 30′ y 41º 40′, de longitud y latitud Este y Norte, respectivamente.

La casi la totalidad de su superficie pertenece a la provincia de Zaragoza, salvo la parte norte que pertenece a la de Navarra y la oriental a la de Huesca.

Orografía.

El relieve medio de la Hoja de Sigüés, es bastante movido e irregular, debido a las características geológicas que lo condicionan.

En líneas generales, está formado por el amplio valle del río Aragón, flanqueado al Norte por las sierras de Leire y de Orba, y al Sur por las elevaciones de las sierras de Peña Musera y Nobla.

Estas sierras, en la parte del valle, presentan grandes escarpes, sólo franqueados por algunos tajos profundos y pasos de ganado.

En la otras vertientes, el relieve va decreciendo progresivamente y vuelve de nuevo a alzarse en alineaciones paralelas, dando lugar a una topografía bastante accidentada.

La sierra de Leire, situada en la parte septentrional de la Hoja, presenta una altura media de unos 1.300 metros sobre el nivel del mar. Sus elevaciones máximas están alineadas según una dirección Este-Oeste, aproximadamente.

Como hemos dicho, la falda meridional está cortada por grandes escarpes, hasta llegar a las margas eocenas, que ya decrecen con más suavidad hacia el valle.

Existen algunos pasos que nos han permitido cruzar la sierra y facilitado el estudio de la misma. Estos son, de izquierda a derecha, el de la Cañada Real, que pasa por el famoso Monasterio de Leire, el Ancho, el de Vallinegra y el Escalar. De éstos el primero y el último, son los más útiles para itinerarios geológicos, ya que en los otros dos la abundancia de vegetación y cascajal impiden toda observación.

Por el Este, y hacia el centro de la Hoja, la sierra se encuentra cortada profundamente por el río Esca, junto al que corre la carretera de Venta Garrica al Roncal.

Este itinerario, aparte de su innegable belleza, es interesantísimo bajo el punto de vista geológico. Algunas de las fotos que ilustran esta Memoria, dan buena cuenta de ello.

Al Este del río Esca, la sierra toma el nombre de Sierra de Orba, con 1.236 metros de elevación máxima, decreciendo progresivamente hacia el saliente, hasta las proximidades de Villarreal de la Canal.

Al Sur del río Aragón, el terreno comienza a elevarse, hasta llegar a los cejos de las sierras de Peña Musera y Nobla.

Esta parte meridional de la Hoja, está ocupada por varias alineaciones, casi paralelas, que en líneas generales siguen la orientación Este-Oeste.

La más septentrional de ellas, es la constituída por las sierras de Peña Musera y Nobla. Separada de la anterior por el estrecho valle por el que discurre la carretera de los Pintanos, se alza la sierra de La Magdalena, con elevación del orden de los 1.000 metros, que decrece por el Sur hasta el río Onsella.

A partir del río, el terreno vuelve a levantarse, pero ya en la Hoja de Uncastillo, lindante con la de Sigüés por el Sur.

Hidrografía.

El sistema hidrográfico de la Hoja de Sigüés, está constituído en primer lugar por el río Aragón, que la cruza de Este a Oeste, y al que acuden, aparte de algunos afluentes, más o menos caudalosos, multitud de ramblas y barrancos, secos la mayor parte del año procedentes de las sierras que limitan su valle.

El río Aragón, entra en la Hoja al Sur de Berdún y sigue un curso tranquilo, en el que abundan los meandros.

Como escribe Llopis Lladó (17), «cuando el Aragón penetra en la amplia depresión longitudinal del Canal de Berdún, nadie creería hallarse en presencia de un río apenas naciente, pues al carácter alpestre de su cabecera, sucede un paisaje de llanura con dilatadas terrazas cuajadas de cultivos; realmente el nombre de Alto Aragón no puede darse a esta porción de la arteria maestra, pues estaría totalmente en desacuerdo con las características de los relieves limítrofes».

A su salida por el borde occidental de la Hoja, se estaba terminando de construir, en la época que visitamos la zona, la presa del Pantano de Yesa (foto núm. 1), que servirá de regulador del río y del que ha de partir un importante canal que pondrá en regadío una gran zona de Aragón.

Nos ha sido amablemente facilitado por la Confederación Hidrográfica del Ebro, un plano con las tierras que quedarán cubiertas por las aguas, y cuyo límite hemos representado en el Mapa que acompaña a la presente Memoria.

A continuación transcribimos las características principales del Pantano de Yesa.

Altura total	70 metros
Longitud coronación	403 »
Cota coronación	490 »
Volumen hormigón presa	500.000 m³
Volumen excavación	900.000 »
Aportación media anual	1.500 millones m³
Capacidad total del embalse	470 » »
Longitud total del canal	140 kilómetros
Capacidad en el origen	63 m³/reg.
Zona total regable	132.000 Has.
Capacidad del aliviadero	3.000 m³/reg.

En la superficie de la Hoja, recibe el Aragón por la derecha los ríos Veral y Majones, que se unen un poco al Sur de Villarreal de la Canal, y las del río Esca, procedente del valle del Roncal.

Por la izquierda, el más importante es el río Regal, que se une al Aragón cerca de Ruesta.

Todos estos ríos son de carácter muy irregular y suelen acusar mucho los efectos del estiaje.

El resto del sistema hidrográfico está constituído por numerosos barrancos y ramblas, secas gran parte del año, pero que en las épocas de lluvias, llevan a los ríos gran cantidad de agua.

Climatología.

El clima de la región es relativamente extremado pero más bien frío, como corresponde a la altitud media de la zona.

Los inviernos son largos y fríos, con heladas continuas y nevadas frecuentes, que en las partes altas perduran mucho.

A principio y a finales de verano son corrientes las tormentas, con fuertes granizadas.

Agronomía.

En general, es terreno pobre el que nos ocupa, pues los cultivos son poco abundantes, salvo en el amplio valle del Aragón, el cual quedará en breve fecha sumergido en gran parte por las aguas del Pantano de Yesa.

El resto de la Hoja, debido a su accidentado relieve no es muy apto para cultivos. En las zonas menos abruptas se cosechan cereales, patatas y vid y en los valles existen zonas de regadío.

Existen algunos bosques de pinos que son objeto de explotación y actualmente se sigue una buena política de repoblación.

En algunas zonas de la Sierra de Leire hay bosques apretados de carrascas difíciles de atravesar.

La parte inculta no ocupada por el bosque se compone del monte bajo típico de estas regiones.

Geografía humana.

La superficie de la Hoja de Sigües comprende zonas pertenecientes a las provincias de Zaragoza, Huesca y Navarra.

Los núcleos de población están repartidos por el valle del Aragón, el comienzo del de Roncal y el de los Pintanos.

Correspondiente a la provincia de Navarra no hay en la superficie de la Hoja ningún núcleo de población. Junto al borde occidental se encuentra Yesa, y próximo a este pueblo, pero ya en la Hoja, está el célebre Monasterio de Leire (fotos 3 y 4), hoy día ya casi reconstruído y desde el que se divisa un espléndido panorama.

Correspondiente a Zaragoza, existen los municipios siguientes:

Sigües, 624 habitantes, que da nombre a la Hoja y que se encuentra sobre la carretera parte de Venta Garrica hacia El Roncal.

Junto a la carretera de Tarragona a San Sebastián que corre por el centro del valle del Aragón, se encuentran los municipios, de Tiermas, 732 habitantes, con su célebre balneario, que quedará anegado por las aguas del Pantano de Yesa; Esco, 260 habitantes, y sobre ramales que de esta carretera parte hacia el Sur; Ruesta, 441 habitantes, y Urriés, 394 habitantes; Navardún, 394 habitantes; Undués de Lerda, 327 habitantes; Undués-Pintano, 226; Pintano, 229; Bagüés, 150; Mianos, 206, y Artieda, 260.

Correspondientes a Huesca son: Villarreal de la Canal, 223 habitantes; la típica villa de Berdún, 794 habitante, ya en el borde oriental de la Hoja, y Martes, 234 habitantes.

La Hoja está bien comunicada con Pamplona y Jaca mediante una carretera de primer orden

Es difícil encontrar en la superficie de la Hoja hospederías medianamente aceptables, salvo en las épocas en que esté abierto el Balneario de Tiermas, pero próximo a ella, en Burgui, sobre la carretera del valle Roncal existe un cómodo alojamiento para el estudio de la Hoja. Las ciudades importantes más cercanas a su superficie son Pamplona y Jaca, pero ya lo suficiente alejadas para que no puedan tomarse como punto de partida.

CAPITULO III

Estratigrafía

La serie estratigráfica de la Hoja de Sigüés es muy sencilla.

Los sedimentos más antiguos que observamos en la Hoja, pertenecen al Cretáceo superior y estos deben descansar directamente sobre el Trías, como se observa en el agudo anticlinal de Santo Domingo de la Hoja de Uncastillo, vecina de la de Sigüés por el Sur.

Faltan, pues, los sedimentos pertenecientes al Jurásico y Cretáceo inferior, debido sin duda a la emersión de la vertiente Sur de los Pirineos, desde el País Vasco hasta las proximidades del Monte Maldito, durante todo este periodo hasta la gran transgresión cenomanense.

Desde el Oeste de Barbastro hasta muy lejos en esa dirección no se observan sedimentos liásicos, jurásicos e incluso del Cretáceo inferior y medio. El Cretáceo superior parece descansar en concordancia sobre el Keuper en las Sierras Subpirenaicas y sobre el Paleozoico, en total discordancia, en las Sierras Marginales.

Sobre el Senonense se encuentran en parte de la Hoja sedimentos garumnenses de poca potencia. Hacia el Oeste estos sedimentos van debilitándose y terminan por desaparecer. En esta parte debe estar representado por facies marina del Danés, de difícil separación.

Las formaciones eocenas, representadas por calizas margas y flysch, pertenecen a la larga banda paralela a la dirección pirenaica, que se extiende durante más de 440 kilómetros desde el Oeste.

La mayor parte de la superficie de la Hoja está ocupada por sedimentos oligocenos, concordantes con los eocenos. Dalloni incluye estos sedimentos en el Bartonense, sin citar expresamente nuestra zona.

El Cuartario está representado por aluviones de ladera y los de los ríos y arroyos, especialmente del Aragón.

Seguidamente, vamos a describir más detalladamente cada uno de estos pisos, así como las principales manchas que ocupan en la representación afectuada.

Cretáceo superior.

Aflora el Cretáceo superior bajo el Eoceno, en la Sierra de Leire.

No se ve su yacente, de modo que no sabemos cuáles sean el término o términos iniciales de la serie.

Comienza la serie en su parte visible por 50 ó 80 metros de calizas grises o gris amarillentas, arenosas de grano más bien grueso, de colores oscuros, sin olvidar la tónica general de tintes oscuros y decalcificación superficial.

Ocupan poca extensión en la Hoja. Solamente lo hemos visto en las capas más bajas de un pequeño anticlinal puesto de manifiesto por la gran cortadura del Esca.

Se superpone en tránsito gradual un tramo de unos 100 metros de potencia, formado por margas pizarreñas, gruesas, de coloración gris azulada.

Aflora este tramo sobre el anterior en el anticlinal citado y en la Sierra de Leire, en una mancha alargada de dirección Este-Oeste aproximadamente, cuya observación se hace difícil debido a la abundante vegetación y a los derrubios de ladera procedentes del tramo superior.

Hemos encontrado en él, por el paso de ganado que desde el Monasterio de Leire cruza la sierra, gran cantidad de fósiles, en su mayoría equínodos, ostreas, pectínidos y otros lamelibranquios inclasificables.

De entre todos hemos podido clasificar:

Echinocorys vulgaris, Breyn.
Exogira aff. *rouvillei*, Coq.
Picnodonta vesicularis, Lam.
Neithea aff. *geinitzii*, d'Orb.
Inoceramus, sp.

que nos determinan la presencia del Campaniense y Maestrichtiense.

El tramo superior del Senonense es el más característico, extenso y potente de los cretáceos de la Hoja.

Se trata de calizas areniscosas, decalcificadas superficialmente, de colores pardo-oscuros en superficie y grises al corte.

Las capas que coronan la Sierra de Leire en su mayor parte pertenecen a este piso y su aspecto es típico.

Son calizas bien estratificadas en bancos de un espesor que oscila alrededor de medio metro, cruzadas por diaclasas más o menos normales a la estratificación, rellenas de cristales de calcita. Estas diaclasas favorecen el desprendimiento de grandes bloques y dan junto con la erosión un aspecto ondulado a estas rocas con ejes de ondulación vertical.

Las bancadas superiores contienen abundante arena y gravilla silícea; por meteorización producen suelos de cantos sueltos, redondeados, de cuarzo blanco de tamaño variable pero en general pequeño.

No hemos tenido suerte de encontrar fósiles en esta formación. Ríos y Almela, citan en la vecina Hoja de Sangüesa secciones de Radiolites.

El espesor de este tramo es de unos 200 metros.

Garumnense-Danés.

Sobre el tramo anterior se encuentran a veces unas margas finamente estratificadas, casi pizarrillas de colores muy vivos y abigarradas, rojo oscuro, verdes y violetas, por este orden de importancia.

Existen también un banco de caliza continental de 0,50 metros de potencia, muy negras y brillantes al corte.

Su existencia es el criterio más importante de separación entre los terrenos secundarios y terciarios, y aún en los casos en que está recubierto por derrubios, produce en éstos y en los pisos inferiores los tintes rojizos característicos. Su a[illegible]es inconfundible (1).

El Garumnense, es en el Pirineo una formación predominantemente continental, margosa y ligeramente salífera, que recuerda en muchas ocasiones al Keuper. Puede afirmarse que aquí es más bien

(1) En otras ocasiones el tránsito es gradual y se determina mal, pues el Eoceno se inicia por facies parecidas.

una facies que un piso, y unas veces representa además parte del Maestrichtiense y otras parte del Eoceno más bajo.

Aquí debe representar también el Ypresiense, puesto que está comprendido entre el Mastrichtins y las calizas de Alveolinas lutecienses, pero no creemos sea posible su identificación litológica ni paleontológica.

El Garumnense es la facies más corriente en la Hoja pero hacia la parte occidental desaparece y debe estar representado por facies marinas del Danés de difícil separación de los estratos superiores, pero diferentes de las capas maestrichtienses por su carácter típicamente terciario.

Según Mangin (20), «parece lógico por razones de anterioridad, de conservación, utilizar para designar estas capas el término Danés, con objeto de hacer de este piso el primero de la Era Terciaria».

El espesor del Garumnense es de unos 40 metros.

Eoceno.

El techo de la formación cretácea está constituído por el Eoceno.

Sobre el Graumnense se encuentra una potente serie de calizas, en bancos gruesos bien estratificados de color gris azulado, cruzados por vetillas blancas de calcita y que suelen contener gran cantidad de Nummulites y Alveolinas.

No hemos encontrado signo alguno que nos permita suponer una discordancia en la sedimentación y el haber podido clasificar

Alveolina elongata
Nummulites perforatus

nos fijan una edad luteciense para estas calizas, es decir desde comienzos del Eoceno hasta el Luteciense inferior cuando menos.

La potencia de estas capas es de unos 200 metros aproximadamente y en algunos casos menos.

Ocupan estas calizas una gran parte de la rama Norte del anticlinal de Leire y la casi totalidad de la sierra de Orba.

Concordantes con las calizas anteriores, nos encontramos un potente tramo constituído por unas margas azules, arriñonadas muy compactas, que pasan insensiblemente a gris azulado, de estratificación fina y pizarreña, con vetillas delgadas de calcita, generalmente

normales a la estratificación y que hacia la parte superior comienzan a mostrar pequeños bancos de caliza y pasan a una formación de tipo flysch por cargarse de arena algunas capas.

Ls margas azules eocenas fueron clasificadas primeramente por Carez (1881) como Bartonienses por haber encontrado en ellas *Serpula spirulea*. Más tarde, Dalloni, basándose en otros fósiles y en que la *Serpula spirulea* es muy rara, las considera del Luteciense superior.

Los autores de la Hoja de Sangüesa incluyen estas margas y el flysch suprayacente, dentro del conjunto Luteciense superior-Bartonense.

No hemos encontrado nosotros fósiles clasificables, aunque sí abundantes restos.

Hernández Sampelayo cita en el flysch de Yesa los siguientes fósiles:

Arenícola
Helicolithus Fabregae
Helicolithus Sampelayoi
Lorenzinia apennínica
Paleodyction minutum
Cylindrites submontanus
Scolicia prisca
Helminthoide labyrinthica
Munsteria
Halimenites

y en las calizas delgadas clasifica los siguientes foraminíferos:

Nummulites Roualti
Nummulites perforatus
Assilina exponens
Alveolina sp.
Orbitoides sp.

conjunto que justifica la suposición de edad luteciense.

En la Hoja de Sigüés, el tránsito de la facies flysch eocena al Oligoceno es paulatino y no hemos encontrado el banco calizo basal del Ludense, que permitió separar éste en las Hojas de Uncastillo y Agüero, por lo que no se ha marcado en la representación efectuada.

El conjunto tiene una potencia superior a los 1.000 metros.

Las exudaciones de hidrocarburos que A. Marín señalaba hace años en las formaciones senonense y eocenas de la base del Pirineo, son claramente apreciables en nuestra zona. Nsotros hemos partido calizas eoceas en la cantera del pantano de Yesa, del interior de las cuales salía un liquido negro, oleaginoso, combustible, y muchos de los manchones negros, en forma de goteras que se ven en los paredones calizos tendrán probablemente este origen.

La dificultad con que tropezamos de datar los terrenos terciarios más modernos que el Eoceno medio, es también marcada en dicho trabajo como uno de los problemas estratigráficos de la depresión del Ebro, llegando a la conclusión, después de numerosas referencias paleontológicas, que sólo vertebrados pueden indicarnos la edad de estas capas.

Oligoceno.

En tránsito gradual desde el flysch se nos ofrece un cambio de facies, de marina a lacustre que perdura ya a lo largo de todo el Oligoceno con una gran monotonía y notable espesor. Las calizas y margas se hacen más arenosas y toman tintes rosados o rojizos hasta formar un tramo netamente diferenciado constituído por bancos de areniscas de mediano grosor, con intercalaciones de arcillas rojizas y algunos bancos calizos de poco espesor.

Es el terreno que ocupa mayor extensión en la Hoja; casi la mitad meridional.

Las características de esta formación son las mismas que con gran constancia y regularidad presenta en casi toda cuenca del Ebro, y su espesor es como se observa en toda la cuenca, enorme y no baja de 2.500 a 3.000 metros.

Aunque en zonas próximas se han observado discordancia intra-oligocenas, en la Hoja de Sigües, no hemos apreciado ninguna, y la concordancia entre sus estratos es absoluta.

Se aprecian grandes trastornos tectónicos y multitud de pequeños. Hemos procurado marcar en el mapa adjunto la mayoría de ellos, pero muchos no ha sido posible, debido a la escala empleada.

Comentando la Hoja de Sangüesa, dice Barrere que el gran espesor de los sedimentos oligocenos y su débil densidad confieren a la masa una gran plasticidad y los pliegues toman un estilo casi diapírico, observando como los buzamientos de las capas que no pasan de los 20º en los flancos sinclinales, alcancen 70º y 80º en los anticlinales.

La delimitación de las pudingas o de zonas margosas o arenosas, dentro de dicho oligoceno, que propugna Barrere, no se ha podido llevar a cabo, ya que los caracteres litológicos son muy alternantes y se necesitaría mucho tiempo y una mayor escala.

Los conglomerados basales y marginales que se presentan en diferentes niveles del Oligoceno, en zonas próximas a la nuestra (Sierra de Loare, Salto de Roldan, Mallos de Riglos y Agüero) no existen en la superficie de la Hoja de Sigüés

Cuartario.

Está representado principalmente por el extenso aluvión del río Aragón que cruza la Hoja por el centro de Este a Oeste.

Sobre las margas eocenas del valle, pueden observarse algunas terrazas fluviales, formadas por conglomerados sueltos de cantos rodados de tamaño variable y tierras arcillo-sabulosas. Su espesor no es muy grande y han sido afectados en gran parte por la erosión, dejándolos reducidos a manchas de disposición anárquica.

La vertiente meridional de la sierra de Leire presenta bastantes cantizales de ladera, gruesos y poco redondeados.

El resto de los depósitos cuartarios lo constituyen los de las ramblas y arroyos.

CAPITULO IV

Tectónica

Vamos primeramente a situar la Hoja de Sigües con respecto a las unidades estructurales importantes de la región. En relación con lo que geológicamente se denomina valle del Ebro, podemos decir que nos encontramos en el límite; hay sedimentación oligocena propia de la fosa del Ebro, pero ha sido afectada por los movimientos de la fase Sávica, cosa que no ocurre en los estratos del interior de la cuenca. La franja oligocena de dirección NO.-SE. sobre la que actuó dicha onda orogénica tiene una anchura variable que aquí es de unos quince kilómetros. Dentro de los Pirineos aragoneses, estamos en la zona de depresiones intermedias, meridionales a las sierras marginales septentrionales, concretamente en la depresión de Jaca, que con la de Boltaña, también en Huesca, tiene su prolongación en Lérida en la Conca de Tremp. Las formaciones eocenas pertenecen a la larga banda de dirección pirenanica, que se extiende durante más de cuatrocientos kilómetros, desde el Oeste, cerca del río Losa, hasta la desembocadura del Ter, en el Mediterráneo. La anchura de esta faja en nuestra zona es grande y va disminuyendo hacia saliente, de modo que en el valle del Noguera Ribagorzana sólo es ya de unos quince kilómetros.

La causa de los plegamientos pirenaicos, así como sus características, han sido largamente debatidos por los geólogos franceses, alemanes y españoles, que desde hace más de medio siglo vienen estudiando seriamente esta importante cordillera.

La orogenia del flanco meridional de los Pirineos está formada, según M. Chevalier, por empujes que se transmiten a manera de olas y que procediendo, unos de la meseta y otros del antiguo continente catalanobalear, caminaron en dirección NE. y NO., respectivamente, chocando contra el núcleo paleozoico y siendo rechazados en forma de ondas reflejadas, con lo que explica la vergencia de

los pliegues unas veces al Sur y otras al Norte. Según él, el movimiento preluteciense fué el de verdadera importancia tectónica, ya que el postludense afectó más bien a las capas superficiales y se ajustó a las directrices marcadas por el primero. Expone taubién la audaz teoría de que así como las grandes masas cristalinas de los Pirineos centrales y orientales son de edad paleozoica, las existentes en los Pirineos occidentales son de formación terciaria, debido al choque de una serie de ondas orogénicas venidas del Norte con otra serie procedente del SO., que hizo surgir este material cristalino en estado de fusión.

La existencia propugnada por L. Carez, de un arco sinclinal en dirección Este-Oeste, cuyo eje pasa al sur de Jaca, que está comprendido entre el Paleozoico norte y el anticlinal de Santo Domingo, nos parece un concepto demasiado sintético.

En la tectónica pirenaica, los mantos de corrimiento han sido frecuentemente desorbitados; así, por ejemplo, los numerosos e importantes denunciados en el lado francés por M. León Bertrand son rechazados por Carez con fuertes argumentos, ya que además de considerar los cortes de Bertrand como muy imaginativos y pocos comprobables sobre el terreno, juzga insoluble el problema de la procedencia de estos mantos, porque el Cretáceo inferior y el Jurásico que contienen no existen ni en la zona axial ni en la vertiente meridional. En el lado español, el gran manto de corrimiento que Jacob, Fallot, Astre y Ciry ven en el borde norte del Cretáceo de los Pirineos centrales, queda reducido por Misch a pequeños desplazamientos locales. De todo ésto nosotros sólo podemos afirmar que en nuestra zona no hemos apreciado ningún signo de corrimiento.

Siguiendo con Misch, que hizo un magnífico estudio de los Pirineos meridionales centrales, los plegamientos de la fase Pirenaica, al chocar con el cratón del Ebro produjeron deformaciones de vergencia sur, constituyendo las actuales sierras meridionales, produciéndose a continuación el hundimiento del citado cratón. No obstante, la vergencia meridional de la sierra de Leire y la de otras sierras próximas, no puede explicarse de esta manera, puesto que los movimientos fueron de fase Sávica y no Pirenaica y durante aquélla ya estaba hundido el cratón del Ebro. A ese respecto, las opiniones de A. Marín, son realmente atractivas. Partiendo de la cuenca del Ebro, ya como fosa, con su configuración parecida a la actual,

de forma de triángulo, con su vértice hacia abajo en Valderrobles, atribuye estos plegamientos por una aproximación de la cordillera Ibérica y la costera catalana hacia el núcleo central pirenaico; de esta manera, los empujes tendrían dirección NE. los que emanan de la Ibérica y NO. los que lo hacen de la cordillera costera catalana. Apoya esta teoría, el hecho de que en Cataluña y Navarra, la cuenca está mucho más plegada que en su parte central aragonesa y creemos que también está de acuerdo con el hecho señalado por Almela y Ríos de la propagación de Este a Oeste de las ondas orogénicas de fase Pirenaica y de fase Sávica, ya que los empujes provinentes de la Ibérica al encontrar a las barreras pirenáicas en una dirección casi perpendicular, no se extenderían apenas hacia el Este ni hacia el Oeste, mientras que los que procedían de la cordillera catalana tendrían una componente de propagación hacia el Oeste.

La importancia tectónica atribuída por Llopis Lladó a las margas eocenas, es considerable. En nuestra zona, situada en el Umbral alto aragonés, los débiles espesores de esta margas, sólo actúan como lubrificantes, sin tener capacidad de atenuación de los empujes orogénicos, produciéndose así pliegues apretados. Por el contrario, más a occidente, el elevado espesor de las margas de gran isotropia en la transmisión de esfuerzos, ha dado lugar a estructuras más amplias.

El arco de Stille, de enlace entre la cordillera central y las marginales, sostenido por A. Martín, y del cual Llopis apunta la posibilidad de que pase por Bilbao, Ramales y Reinosa, en realidad no existe. Las dos alineaciones parten de Asturias mediante una virgación.

Hallar el sentido de los empujes orogénicos que causaron los plegamientos es un problema verdaderamente interesante, pues, así como la dirección, en una comarca bien estudiada, suele llegar a conocerse con bastante exactitud, con el sentido no sucede lo mismo, y como se comprenderá, su importancia es grande. El concento de «overthrusting y underthrusting» en la geología estructural de Nevin, como el concepto de sentido, no tendría significación alguna en un medio capaz de transmitir las presiones con una continuidad e isotropia perfectas, pero en la realidad, que nunca ocurre ésto, sí tiene significado. No es lo mismo que un manto procedente del Norte cabalgue encima de otra formación, a que esta última, procedente del Sur, se introduzca debajo de la primera. En el primer

caso, las extremidades de la cobertura sufrirán un retraso en el sentido del movimiento y el pliegue será cóncavo en el sentido Norte-Sur; en el segundo caso, los extremos de la cobertura serán atraídos hacia el Sur por la formación que se hunde y el pliegue será cóncavo en el sentido Sur-Norte.

Esto es aplicable, claro está, únicamente a las fallas cabalgantes de bajo ángulo. Si la de Leire lo es, tenemos un «underthrust» venido del Sur, aunque la curvatura no es de suficiente importancia para asegurarlo. La extensión de este criterio a otras sierras marginales, quizás nos diera alguna luz.

No obstante, hace poco, parece ser que hubo movimientos procedentes del N.-NE. El 10 de julio de 1923 se produjo un movimiento sísmico, cuyo epicentro se situó a unos dos o tres kilómetros al NO. de Martes y en el cual la intensidad de la sacudida fué de grado VIII. La profundidad del epicentro se calculó en unos treinta kilómetros.

Como consecuencia del trazado de los isosistas, deduce A. Rey Pastor la existencia de tres fallas; una que pasa por Berdún y Aso-Veral y pudiera ser la prolongación oculta de la gran falla cabalgante de la sierra de Leire, otra casi paralela a la anterior por Artieda, Mianos, Arrés y, por último, una transversal de Bagües a Villarreal de La Canal. Es posible que esta última haya sido aprovechada por el río Majones y por el arroyo Calcones para labrar sus cursos. Las dos roturas paralelas dividieron la región en tres bloques, de los cuales el meridional descendió respecto al septentrional. La sacudida sísmica que causó importantes daños en los pueblos próximos al foco, puede identificarse con empujes viniendo del N.-NE. Según M. Rothé, parece que hubo un movimiento hacia el S.-SO., comprimiendo las capas sucesivas, mientras que se producía una atracción en las zonas N.-NE. Interpreta el mismo autor estos resultados haciendo la hipótesis de que una de las fallas paralelas al Pirineo se ha desplazado en sentido sensiblemente normal a su dirección media. La zona de actividad sísmica en el ámbito pirenaico coincide con aquélla en que actuaron con intensidad los movimientos terciarios, de modo que pueden relacionarse éstos sismos con los últimos reajustes de aquella orogenia y resulta por tanto interesante conocer su sentido.

Pasamos ya a describir los accidentes tectónicos de la Hoja de Sigüés, comenzando por su estructura más importante constituída por

la Sierra de Leire. La orogenia es de tipo alpino, semejante a los plegamientos del Jura francés. El número de formaciones afectadas por el levantamiento es pequeño y se limita a las formaciones eocenas y cretáceas, y con toda probabilidad a las triásicas que aquí no son visibles, pero si al SE. en el anticlinal de Santo Domingo.

La sierra de Leire comienza algo a Poniente de la Hoja y dirigiéndose hacia Oriente, termina dentro de ella a la altura de Aso-Veral. En líneas generales, se trata de un anticlinal volcado hacia el Sur, cabalgando mediante una falla inversa sobre terrenos estratigráficamente superiores más meridionales, y con la charnela muy erosionada. Este anticlinal desaparece en sus extremos de una manera normal mediante dos anclajes.

Al penetrar en la Hoja por el Monasterio de Leire y el pantano de Yesa, la única anormalidad que presenta es la falla inversa, existente en el flanco meridional que ha hecho resbalar la caliza eocena de Alveolinas sobre las margas azules superiores. Por erosión de la charnela aflora únicamente el Maestrichtense superior. Más al Este van apareciendo formaciones más antiguas seonenses y desaparece el flanco sur. Esta es la situación representada en el corte I, en el cual, la rotura ha puesto en contacto el Senonense inferior con las margas azules eocenas. El corte II es análogo; la falla ha suprimido el flanco meridional y es difícil ver cuál es el tramo más antiguo aflorante entre los derrubios y la vegetación. A la altura de Sigüés, es donde los plegamientos han sido más intensos y no encajan dentro del simple esquema de anticlinal fallado y volcado del resto de la sierra. Afortunadamente, el río Esca produce una hoz de gran belleza, que permite dibujar el corte III con bastante aproximación. De Norte a Sur, encontramos unas ondulaciones suaves: anticlinal, sinclinal, anticlinal y sinclinal, antes de llegar a un anticlinal muy violento, cuyo flanco septentrional está algo cabalgado y el meridional fallado, de manera que las calizas inferiores senonenses, que es la formación más vieja que aflora en la Hoja, y que es únicamene aquí donde puede verse con claridad, quedan encima de las margas azules eocenas. Debajo de estas margas tenemos en disposición anticlinal las calizas de Alveolinas y, finalmente, éstas cabalgan sobre las margas azules en virtud de otra falla similiar a la anterior. El corte por la carretera es tectóni-

camente igual al descrito, aunque, por ejemplo, la erosión se haya llevado la caliza de Alveolinas del primer sinclinal.

Prosiguiendo al Este, la sierra de Leire va tomando el mismo aspecto que tenía a occidente del corte III hasta llegar al corte IV, en el cual puede apreciarse un suave anticlinal a punto de sumergirse y desaparecer.

En la parte Oeste del borde septentrional de la Hoja, en Grúmalo encontramos una falla de dirección NE., que pone en contacto anormal el Maestrichtense con la marga pizarreña eocena. Un poco al SO., en la cantera de la cual sacan piedra para la construcción de la presa de Yesa, situada encima del Monasterio de Leire vemos la gran falla cabalgando, cuyo plano de falla tiene una dirección aproximadamente Este-Oeste, buzando al Norte en virtud de la cual las margas azules se hallan debajo de la caliza de Alveolinas. Es este uno de los pocos lugares donde se ve este importante accidente tectónico, ya que, en general, la vertiente meridional de la sierra de Leire está muy cubierta por los derrubios y la vegetación.

Por el mismo pueblo de Sigüés podemos colocar el eje de una estructura anticlinal, muy suave en margas azules eocenas toda ella. Dirigiéndose hacia saliente tenemos un anticlinal de poca importancia, cuyo eje pasa por Aso-Verval y luego hacia el Norte, después de pasados la falla cobalgante y el anticlinal, que tienen relación con el resto de la sierra, existen un sinclinal y un anticlinal de cierta longitud, pero poco claros. Aproximadamente un kilómetro al Norte de Villarreal de la Canal hay una falla importante de dirección NE., fácilmente detectable por fotografía aérea. Finalmente en cuanto se refiere a la porción septentrional de la Hoja con respecto al río Aragón, el pueblo de Berdún se encuentra rodeado por un anticlinal de eje muy curvo.

El Ludense-Oligoceno, formado en conjunto por rocas más incompetentes abunda en pequeñas fracturas y según señalaba Barrere, comentando la Hoja de Sangüesa, el gran espesor de los sedimentos oligocenos y su débil densidad confieren a la masa una gran plasticidad y los pliegues toman un estilo casi diapírico, observándose cómo buzamientos de las capas son bastante más pronunciados en las proximidades de un eje anticlinal que de un eje sinclinal.

Comenzando de Norte a Sur y de poniente a saliente encontramos al Norte de Undués de Lerda un sinclinal, un anticlinal y un sinclinal de dirección NO. poco pronunciados y el último de los cuales situado a medio kilómetro al Norte del pueblo sale por el límite occidental de la Hoja y se extiende hacia el Oeste, casi 20 kilómetros pasa al S. de Javier y debido al buzamiento hacia poniente de su eje desaparece al Norte de Leache, cerca de los altos de la sierra de Isco. Continuando rumbo Sur por la carretera a unos 2 kilómetros del pueblo cortamos un anticlinal de mucha importancia. Aquí su rumbo es prácticamene Este-Oeste, lo volvemos a cortar en el kilómetro 11/900 de la carretera Ruesta-Urriés, con rumbo igual al anterior pero con un buzamiento mayor en los flancos, forma a continuación la sierra que limita meridionalmente la Hoja, y que ha sido cortada en dos itinerarios, sale por el ángulo y se prolonga mucho en dirección a Oriente. Respecto a su continuación hacia occidente resulta que termina algo antes de llegar a Sangüesa con un bonito cierre periclinal, donde parece estrellarse violentamente como por falla contra unos estratos dispuestos cruzadamente.

A continuación tenemos un sinclinal y después un anticlinal que puede observarse en la carretera justo al Sur del pueblo de Urriés. En el ángulo SO. de la Hoja, al SO. de Navardún hay dos estructuras muy agudas, sinclinal y anticlinal, que a primera vista pueden pasar desapercibidos por tener sus estratos con parecidos rumbos y buzamientos.

La zona situada al Sur de Ruesta es de grandes transtornos, como puede verse en el mapa, existen dos grandes fallas de dirección NE. difíciles de ver en el campo, pero fáciles en fotografía. Entre ellas las estructuras llevan muy diversas direcciones. El sinclinal que pasa por el kilómetro 23 de la carretera tiene un rumbo Este-Oeste y el buzamiento del flanco septentrional es de unos 25° y el del Sur menor. Luego hay un anticlinal que va siguiendo la carretera y al SE. de este un sinclinal, ambos dirigidos al NE. Prosiguiendo por la carretera hacia Urriés existen un anticlinal un sinclinal de poca importancia en los kilómetros 18 y 17 respectivamente y dirigidos al NO. Tomando un arroyo que pasa 1 kilómetro al O. de Udués-Pintado y yendo hacia el N. hasta salir al kilómetro 21 de la carretera Ruesta-Urriés, a poco más de la mitad de trayecto vimos una falla de dirección NE. y en la cual el paquete situado al O. y compuesto por areniscas y tierras rojas, calizas tableadas

entre margas y margas azuladas, en sentido descedente, parecía haber bajado con respecto al otro.

Algo al Sur de Undués Pintano, y por el mismo pueblo de Pintano, pasa un sinclinal que además de la carretera ha sido cortado en dos itinerarios, uno saliendo de Bagües y otro de Martes hacia el Sur. Su corrida es de unos 15 kilómetros.

Naturalmente hay muchas estructuras que por su pequeñez no han sido representadas en el mapa; lo mismo ocurre con pequeñas fracturas. Así, por ejemplo, a la entrada de Ruesta, desde el N. vemos una fractura que no se transmite a las capas superiores y a continuación de la cual hay un pequeño anticlinal con núcleo de margas. En el arroyo de que antes hablamos, que va de Undés-Pintano al kilómetro 21 de la carretera Ruesta-Urriés hay una pequeña rotura a poco de empezar y otra un poco antes de la falla anteriormente descrita, es decir, unos 500 metros al Sur, y en ella se aprecia un pequeño descenso del bloque meridional. Del mismo modo en el kilómetro 2,500 de la carretera que parte de Navardún hacia el E., puede observarse una pequeña fractura, etc.

CAPITULO V

Historia geológica

Aunque el terreno más antiguo aflorante en la Hoja es el Senonense, es a todas luces presumible que debajo se encuentre el Keuper como queda manifiesto en el anticlinal de Sto. Domingo pocos kilómetros al Sur de nuestra zona, perteneciendo ambos además a la misma gran unidad estructural denominada Umbral alto aragonés y habiendo pues sufrido análogas visicitudes a lo largo de los tiempos geológicos.

Como ya hacen notar los autores de las Hojas de Sangüesa y Uncastillo, la gran laguna estratigráfica Keuper-Senonense resulta sorprendente. Sólo puede ser debida a dos causas o a combinación de ellas: desaparición erosiva de los sedimentos comprendidos entre estas dos épocas o ausencia real de deposición. La primera hipótesis es más difícil de mantener que la segunda, ya que es muy raro que de haber existido estratos jurásicos o eocretáceos no quede en la región ningún vestigio de ellos y que la erosión capaz de destruir completamente dichas formaciones calizas duras parase justamente al llegar a los niveles blandos del Trías, que en muy poco tiempo hubiera denudado.

La segunda hipótesis también presenta inconvenientes como es la conservación de las formaciones triásicas en una zona emergida durante tan largo período de tiempo, aun cuando durante el régimen triásico continental desapareciesen los grandes relieves y quedasen unas penillanuras o superficies subhorizontales análogas a las miocenas de la meseta central poco erosionadas y protegidas además con una costra de carniolas del Suprakeuper.

Admitiendo, pues, la segunda suposición, tenemos un umbral alto transversal a la dirección pirenaica que se conserva emergido desde el Keuper hasta el Senonense medio. Este caso se repite más al Este.

La transgresión retiense procedente del Este tropieza con dicho

umbral contorneándolo; al Este del Esera aproximadamente, se depositaron el Lias y el Dogger, experimentando las aguas máxima extensión durante el Jurásico medio. Al final del Jurásico, el territorio se elevó en masa, quedando expuesto a la erosión, y no vuelve a hundirse hasta que en el Aptense comienza la gran invasión marina procedente del Atlántico, que culmina en el Senonense con la invasión de los pequeños continentes que habían sido respetados por los mares desde el Trías, como sucede en nuestra Hoja.

Como dice Misch, en los Pirineos meridionales centrales, los plegamientos ante o intracretáceos faltan o están levemente representados.

La transgresión culmina en el Campanense e inmediatamente se inicia la regresión Maestrichtense. El carácter detrítico de las capas que forman las cumbres de la sierra de Leire, es evidente. Vemos cómo las calizas se hacen más arenosas y toman algunos colores rojizos, y en la parte alta de la vertiente septentrional hay abundante gravilla de cuarzo procedente de molasas. Esa regresión va claramente confirmada en los depósitos garumnenses de carácter netamente continental. Esta emersión, que progresaba hacia Poniente no fué total, sino que subsistió una zona hundida en la cual el paso de los depósitos marinos secundarios a los marinos terciarios, se efectúa por los también marinos del Danés y creemos que el límite de este mar Danés se halla precisamente en nuestra zona aproximadamente en el meridiano que pasa por el pueblo de Tiermas, porque a Poniente no hemos visto la facies garumnense.

Seguidamente, tenemos durante el Eoceno inferior una fase de emersión correspondiente probablemente a la sedimentación en Cataluña de las margas rojas y las calizas de *Bulimus gerundensis*. En seguida viene la transgresión eocena procedente esta vez del Mediterráneo que llega a nosotros en el Luteciense con las calizas compactas gris azuladas de Alveolinas, a continuación tenemos unas margas azules indicadoras de una sedimentación limpia y profunda y después una facies arenosa costera de tipo Flysch.

La erosión geosinclinal postsenonense en los Pirineos alcanza su punto máximo en el Eoceno, ya que es entonces cuando vemos por primera vez una cuenca con espesores geosinclinales no interrumpida por tierra alguna emergida que se extiende desde el Mediterráneo hasta el Golfo de Vizcaya.

Antes de finalizar el Ecoceno hay acontecimientos de gran importancia y evidentemente relacionados entre sí. Por un lado, y en lo que al carácter litológico de las capas se refiere, hay que tener en cuenta que el macizo del Ebro se hunde, quedando una gran fosa cuyo carácter de sedimentación se irá haciendo continental, puesto que queda en seguida aislada del mar. El espesor de los sedimentos originados en estas condiciones es de miles de metros y los afloramientos triásicos salinos existentes alrededor de la cuenca en aquella época fueron los causantes de los depósitos potásicos, que según A. Marín, se extienden de una manera continua desde Cataluña a Navarra. La porción de la Hoja, situada al Sur del río Aragón y compuesta por estratos ludenses y oligocenos, pertenecen a la citada cuenca.

Por otra parte, según Ríos y Almela, durante el Eoceno superior se produce en la cordillera el primer plegamiento originado por un empuje de Este a Oeste, cuya onda orogénica, que se propaga en este sentido, produce una serie de anticlinales norteados, que se extinguen antes de llegar a nuestra Hoja. Estos movimientos pertenecerán probablemente a la primera Fase Pirenaica de primer orden, y en la Hoja de Sangüesa se señala una ligera discordancia entre Eoceno y Oligoceno, debida a ellos. No así, en la Hoja de Sigüés, donde la actividad orogénica parece propia de la fase Sávica de segundo orden postoligoceno.

De acuerdo con Selzer, así como en los terrenos situados al oriente de la línea Monte Perdido —Sierra de Enara, existe un plegamiento muy importante de fase Pirenaica, ya que la discordancia del Oligoceno sobre el Eoceno es manifiesta; en cambio, en nuestra zona los movimientos son postoligocenos. En efecto, nosotros podemos apreciar primeramente la concordancia existente en el flanco Norte de la sierra de Leire, desde las margas azules lutecienses hasta el Senonense inclusive, y, además, al sur del Aragón la concordancia de dichas margas hasta el Olicogeno. Podemos, pues, deducir que los empujes acontecieron después de la deposición de todas las formaciones existentes, y serán probablemente de fase Sávica, cuya actividad en esa época ha sido comprobada en otros lugares del Pirineo.

Los movimientos posteriores a estos son ya de poca importancia en el conjunto general de los Pirineos; sin embargo, elevaciones de algunas decenas de metros postmiocenas en el lado atlántico y

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA BIBLIOTECA

postpliocenas en el mediterráneo, han sido bien comprobadas. No efectan en absoluto a nuestra zona.

Finalmente, la erosión ha modelado la región que nos ocupa, cebándose en las formaciones blandas como en las margas, en las cuales el Aragón ha labrado su curso, distinguiéndose más de un nivel de depósitos cuaternarios, y haciendo destacar por el contrario las duras calizas cretáceas o algunos bancos potentes de calizas o areniscas oligocenas.

Es curioso citar como la más importante de todas las transgresiones que tuvieron lugar sobre la vertiente francesa fué la cenomanense, de modo que únicamente durante el Cretáceo superior fué cubierta por las aguas una parte, oriental, de la cresta axial que extendiéndose en toda la longitud de la cadena estaba emergida desde el paleozoico. Se puede decir en consecuencia que los mares franceses y españoles no han comunicado nunca más que por los extremos de la cadena.

CAPITULO VI

HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

Vamos hablar en primer lugar brevemente de la permeabilidad de las rocas que afloran en la Hoja.

Las calizas pueden ser consideradas como permeables en grande, es decir, que aun cuando un trozo pequeño de caliza compacta no permite el paso del agua a través de sí misma, en cambio en una gran masa el agua penetra por sus diaclasas ampliándolas poco a poco por disolución y llegando a formar grandes cavidades e incluso ríos subterráneos de manera que la formación, en conjunto, puede ser un buen almacén de líquido.

Las areniscas son permeables en grande y en pequeño, estando empapadas de agua uniformemente en contraste con esa circulación irregular que señalábamos en las calizas, en las cuales puede fracasar un sondeo marcado en inmejorables condiciones geológicas.

Las arcillas garumnenses y las margas bartonenses son impermeables; su grano es tan fino que toda el agua que las capas superiores reciben queda retenida sin poder circular hacia abajo debido a la atracción molecular.

Teniendo en cuenta la extensión de los afloramiento de rocas permeables y la pluviosidad de la zona, creemos que buscando las calizas de la parte Norte de la Hoja, las posibilidades de alumbrar buenos caudales son grandes. Suponiendo una lluvia media anual de 500 mm. y que perdamos 300 por escorrentia, alimentación vegetal, evaporación, etc., aún nos quedan 200 ls/m² para infiltrarse en las calizas.

Conviene además observar que los estratos calizos, tanto cretáceos como eocenos, están limitados al techo y al muro por formaciones impermeables y así la circulación líquida, aparte de verse influenciada como en todas las calizas por el buzamiento y las series de diaclasas, sigue aquí las leyes de los vasos comunicantes por tratarse de capas

cautivas. Contra lo que pudiera creerse las pérdidas de carga en recorridos largos no son demasiado grandes y así Ríos y Almela señalan un manantial en lo alto de la Sierra de Santo Domingo, cuya agua tiene que venir de muy lejos. El agua que pueda ser aportada a nuestra área por este método de conducción forzada, es difícil de estudiar, pues requeriría una investigación geológica de toda la región, por tanto, nos limitaremos a señalar lugares favorables para la obtención de aguas subterráneas, sin tener en cuenta este concepto.

El mejor nivel acuífero nos parece el constituido por las calizas lutecienses por la extensión en que afloran y por tener debajo las arcillas garumenses que sostendrían el agua. Sitios indicados para emprender obras de captación serían los situados en el borde Norte de esas calizas cuando se sumergen bajo las margas azules impermeables bartonenses. Dado el buzamiento Norte de estas calizas lutecienses podrían hacerse sondeos más al Norte del contacto, empezando en las margas para obtener agua con algo de artesianismo al llegar a las calizas.

Geológicamente también sería apropiado el contacto anormal de estas calizas con las margas azules situadas al Sur, o sea, en la gran falla cabalgante que cruza la Hoja de Este a Oeste, pero el lugar es malo para la ejecución de obras y difícil de señalar con precisión.

Otro horizonte acuífero de importancia y de gran potencia es el de las calizas cretáceas. Sitios adecuados para intentar la captación serían la falla de Grúmalo que puede verse en el extremo Norte del corte I, en los lugares donde estas calizas se sumergen bajo las arcillas garumnenses y en la gran falla cabalgante, haciendo la misma salvedad que antes respecto a la dificultad de ubicación de las labores. Según vemos en el anticlinal de Sto. Domingo, este nivel calizo permeable descansa sobre las margas impermeables del Keuper, no obstante por su gran espesor, que exactamente no conocemos, será casi imposible llegar en ningún punto al muro del senonense como sería deseable. El tramo medio margoso del senonense podría también constituir un sostén de las aguas y es fácilmente asequible.

En cuanto al Oligoceno creemos que las posibilidades son más reducidas. Para señalar puntos de captación sería necesario un estudio más detallado de la continuidad y comportamiento de las formaciones permeables.

A continuación vamos a dar una lista de algunos manantiales y fuentes más importantes y de los análisis realizados en el laboratorio de Química de este Instituto.

Término municipal de Villarreal de la Canal

Nombre.	Caudal.	*Análisis*		
Fuentes de Las Valillas.				
Fuente de Campillo.				
Pozo de abastecimiento.	2.000 ls. día.	Anhidrido sulfúrico	0,0137	grs. l
		Cal	0,1318	»
		Magnesia	0,0289	»
		Cloro	0,0175	»
		Cloruro sódico	0,0288	»
		Grado hidrotimétrico	24º	

Término municipal de Sigüés

Fuente de San Juan. Abastecimiento.	0,5 ls. seg.	Anhidrido sulfúrico	0,0068	»
		Cal	0,1441	»
		Magnesia	0,0181	»
		Cloro	0,0070	»
		Cloruro sódico	0,0115	»
		Grado hidrotimétrico	27º	

Término municipal de Aso-Veral

Fuente San Clemente.	0,25 l. s.			
Fuente de las Vacas.	0,25 l. s.			
Abastecimieno.	0,10 l. s.	Anhidrido sulfúrico	0,0754	»
		Cal	0,1606	»
		Magnesia	0,0977	»
		Cloro	0,0105	»
		Cloruro sódico	0,0173	»
		Grado hidrotimétrico	36º	

Término municipal de Berdún

Nombre.	*Caudal.*	*Análisis*		
Pozo de suministro cerca del río.	6.000 ls. hora.	Anhídrido sulfúrico	0,0171	»
		Cal	0,1647	»
		Magnesia	0,0272	»
		Cloro	0,0140	»
		Cloruro sódico	0,0235	»
		Grado hidrotimétrico	33º	

Término municipal de Ruesta

Fuente de la Higuera de abastecimiento.	0,1 l. s.
Fuente Santiago.	0,25 l. s.
Fuente de la Llana.	0,10 l. s.
Fuente Trime.	0,25 l. s.
Fuente Sabeda.	0,25 l. s.

Término municipal de Urries

Fuente de abastecimiento	0,26 l. s.	Anhídrido sulfúrico	0,4630	»
		Cal	0,2183	»
		Magnesia	0,1231	»
		Cloro	0,0490	»
		Cloruro sódico	0,0807	»
		Grado hidrotimétrico	54º	
Abrevadero.	0,1 l. s.			

Término municipal de Navardún

Fuente de abastecimiento.	0,5 l. s.	Anhídrido sulfúrico	0,0514	»
		Cal	0,1194	»
		Magnesia	0,0434	»
		Cloro	0,0175	»
		Cloruro sódico	0,0288	»
		Grado hidrotimétrico	32º	
Fuente Sara.	0,10 l. s.			

Término de Undués-Pintano

Nombre.	*Caudal.*	*Análisis*		
Fuente del Molino de abastecimiento.	0,05 l. s.	Anhídrido sulfúrico	0,1543	»
		Cal	0,1647	»
		Magnesia	0,0579	»
		Cloro	0,0585	»
		Cloruro sódico	0,0634	»
		Grado hidrotimétrico	41º	
Fuente del lugar.	0,1 l. s.			
Fuente Villescusa.	0,02 l. s.			

Término de Pintano

Fuente Logran.	0,1 l. s.
Fuente La Paul.	0,05 l. s.

Término municipal de Bagüés

Fuente de abastecimiento y abrevadero.	0,25 l. s.	Anhídrido sulfúrico	0,1063	»
		Cal	0,2283	»
		Magnesia	0,0362	»
		Cloro	0,0420	»
		Cloruro sódico	0,0692	»
		Grado hidrotimétrico	46º	
Fuentipón.	0,05 l. s.			
Fuendellaque.	0,5 l. s.			
Fuente Valdemanzanas.	0,5 l. s.			

Término municipal de Martes

Fuente de San Pelayo de abastecimiento.	0,5 l. s.	Anhídrido sulfúrico	0,0411	»
		Cal	0,1482	»
		Magnesia	0,0398	»
		Cloro	0,0140	»
		Cloruro sódico	0,0230	»
		Grado hidrotimétrico	33º	

Término municipal de Tiernas

Nombre.	*Caudal.*	*Análisis*		
Fuente de abastecimiento	0,2 l. s.	Anhídrido sulfúrico	0,0102	»
		Cal	0,1070	»
		Magnesia	0,0398	»
		Cloro	0,0140	»
		Cloruro sódico	0,0230	»
		Grado hidrotimétrico	30º	

Las aguas sulfurosas del Balneario de Tiermas no han sido recogidas por existir ya varios análisis de ellas. Dado su caudal y su temperatura, es muy posible que su procedencia sea la gran falla cabalgante situada al Norte.

Los caudales señalados para todos los manantiales no han sido medidos, sino estimados a ojo, como por otra parte son bastante variables según la estación no debe ser tenido en cuenta más que el orden de magnitudes.

CAPITULO VII

Minería y canteras

Desde el punto de vista minero, la Hoja tiene escaso interés.

Algunas manifestaciones cupríferas han sido objeto de varios intentos de explotación. Estas impregnaciones cupríferas que son corrientes en el Oligoceno continenal de Aragón, son en general de poca importancia, aunque muy llamativas por los vivos colores de los compuestos de cobre.

Estas impregnaciones son más importantes en zonas situadas más al Sur en las Hojas de Sos, Uncastillo y Agüero, especialmente en Biel.

Están formadas éstas por gran variedad de minerales: cobre nativo, calcosina, cuprita, malaquita y azurita.

En cuanto a la génesis de estos criaderos, Romero Ortiz (26) modifica las ideas de Gimeno Conchillos, haciendo una separación de los distintos tipos de minerales y llegando a la conclusón de que la impregnación se ha realizado principalmente por el sulfuro, que será el mineral predominanate en la zona de cementación y que el criadero es singenético, en contra de la opinión de otros autores que opinan que la impregnación de las areniscas es posterior a la sedimentación.

Existe en la Hoja una cantera importante, que es la destinada a la conclusión de la presa del Pantano de Yesa, totalmente mecanizada y con transporte por cable aéreo hasta la presa. Está situada en la Sierra de Leire, en calizas eocenas, un poco por encima del Monasterio.

El resto suelen ser canteras locales de poca importancia.

Bibliografía

(1) Alastrue (E.), Almela (A.) y Ríos (J. M.): *Explicación al mapa geológico* de la provincia de Huesca. Escala 1:200.000. Madrid, 1957.

(2) Almela (A.) y Ríos (J. M.): *Estudio geológico de la zona subpirenaica aragonesa y de sus sierra marginales.* Primer Congreso Internacional del Pirineo. Zaragoza, 1951.

(3) Barrere (P.): *Deux cartes geologiques des Pyrinees aragonaises.* «Revue Geographique des Pyrinees et du Sud-Ouest», t. XXII, fase I, París, 1951.

(4) Carez (L.): *Resumé de la geologie des Pyrenees Françaises.* «Bull de la S. G. de la F.», t. X, 4.ª serie 1912; *Sur quelques points de la geologie du Nord de l'Aragon et de la Navarre.* «Bull. de la S. G. de F.», t. X, serie 4.ª 1910.

(5) Cantos (J.): *Paleontología de un sondeo en el terciario de Navarra.* «N. y C. del Inst. Geol. y Min. de Esp.», núm. 4, 1932.

(6) Chevalier (M.): *Structure orogenique du versant meridional des Pyrenees orientales et centrales.* «Butlletí de la Institució Catalana D'Historia Natural», vol. XXXIII.

(7) Dalloni (M.): *Etude geologique des Pyrenees de l'Aragón.* Marseille, 1910.

(8) Del Valle (A.): *Descubrimiento de la cuenca potásica navarra.* «N. y Co. del Inst. G. y M. de Esp.», núm. 4, pág. 3, Madrid, 1932.

(9) Fernando (?): *Sobre la geología de Aragón.* «Bol. de la Soc. Ibérica de Cienc. Nat.», t. XXV (8). Zaragoza, 1926.

(10) Gimeno (A.): *Las areniscas cupíferas de Aragón.* «Bol. Oficial de Minas y Metalur. Mineras 89 y 90», 1924.

(11) Hernández Pacheco (E.): *Ensayo de síntesis geológica del Norte de la Península Ibérica.* «Juan para Amp. de Est. e Invest. Científicas», Mem. 7. Madrid, 1912.

(12) Hernández Sampelayo (P.): *El Flysch en Yesa, Navarra.* «N. y C. del I. G. y M. de Esp.», núm. 5, pág. 74. Madrid, 1933.

(13) Hupe (P.): *Sur les Pyrenees aragonaises.* «Coimptes rendus sonmaires de la Societé Geologique de France», pág. 79. París, 1936.

(14) Inst. Geol. y M. de España: *Hoja núm. 174 de Sangüesa del mapa geológico nacional, escala 1:50.000.*

Hoja núm. 208 de Uncastillo del mapa geológico nacional, escala 1:50.000.

Hoja núm. 207 de Sos del Rey Católico del mapa geológico nacional, escala 1:50.000.

Hoja núm. 209 de Agüero del mapa geológico nacional, escala 1:50.000.

(15) JACOB (CH.), FALLOT (P.), ASTRE (G.) et CARY (R.): *Observations tectoniques sur le versant meridional des Pyrenees centrales et orientales.* «Cong. Geol Intern. C. R. de la XIVe sesión». Madrid, 1926.

(16) LAMARE (P.): *Sur la estructure des Pyrenees navarraises.* «C. R. de la XIV Seance du Congres Geol. Int. Fase II». Madrid 1917.

(17) LLOPIS LLADÓ (N.): *Mapa geológico del alto valle del Aragón.* Escala 1:100.000 y el relieve del alto valle del Aragón. Estudio geológico, 1947; *Sobre la estructura de Navarra y los enlaces occidentales del Pirineo.* Miscelánea Almera, 1.ª parte, pág. 159. «Dip. prov. Barcelona». Barcelona, 1945.

(18) MALLADA (L.): *Descripción física y geológica de la provincia de Huesca.* «Mem. Com. Mapa Geol. Esp.». Madrid, 1878.

(19) MARÍN (A.): *La depresión del Ebro. La tectónica y los yacimientos minerales.* «Bol. Inst. Geol. y M. de Esp.», t. LVII. Madrid, 1945; *Algunas notas estratigráficas sobre la cuenca terciaria del Ebro.* «Bol. Inst. Geol. y M. de Esp.», t. XLVII. Madrid, 1945.

(20) MANGIN (J.): *El límite Cretáceo-Terciario de la vertiente Sur de los Pirineos occidentales.* «C. R. de la Acad. des Sciences», sesión 25 de febrero de

(21) MENDIZÁBAL (J.) y CINCUNEGUI (M.): *Nota acerca de la extensión del oligoceno en Navarra.* «N. y C. del I. Geol. y M. de Esp.», núm. 4, pág. 140. Madrid, 1932.

(22) MISCH (P.): *Der Bau der Mittlercu sudpirenaen.* «Abh. Gess. Wiss Göttingen». Berlín, 1934. Trad. española por J. G. DE LLANERA: *La estructura tectónica de la región central de los Pirineos meridionales.* «Publcns. extranjeras sobre geología de España», t. IV, C. S. de I. C. Madrid, 1948.

(23) PALACIOS (P.): *Los terrenos mesozoicos de Navarra.* «Bol. Inst. Geol. y M. de Ep.», t. XL, XX de la 2.ª serie 1919; *La formación wealdense en el Pirineo navarro.* «Bol. Inst. Geol. y M. de Esp.», t. XXXVI. Madrid, 1915.

(24) REY PASTOR (A.): *El período sísmico de la canal de Berdún, 1923-25.* Madrid, 1931.

(25) RÍOS (J. M.), ALMELA (A.) y GARRIDO (J.): *Contribución al conocimiento estratigráfico y tectónico del Pirineo navarro.* «N. y C. Inst. Geol. y M. de Esp.», núms. 13 y 14, 1945.

(26) ROMERO ORTIZ (J.): *Los cobrel de Biel.* «Rev. Minera. Serie C. T. LI». Madrid, 1933.

(27) SELZER (G.): *Geologie der Südpyrenoischen Sierren in Oberaragonien.* «Nen. Jahrb. f. Mineralogie, et.», t. 71, 1934. Traducción española por J. M. Ríos: *Geología de las Sierras Surpirenaicas del Alto Aragón.* «Publicaciones extranjeras sobre Geología de España», t. IV C. S. de S. C. Madrid, 1948.

(28) STUART MENTEATH (M.): *Sur le geologie des Pyrenees de la Navarre de Guipuzcoa et du Labourd.* «Bull. de la S. G. de France», t. IX, 3.ª serie. París, 1881.

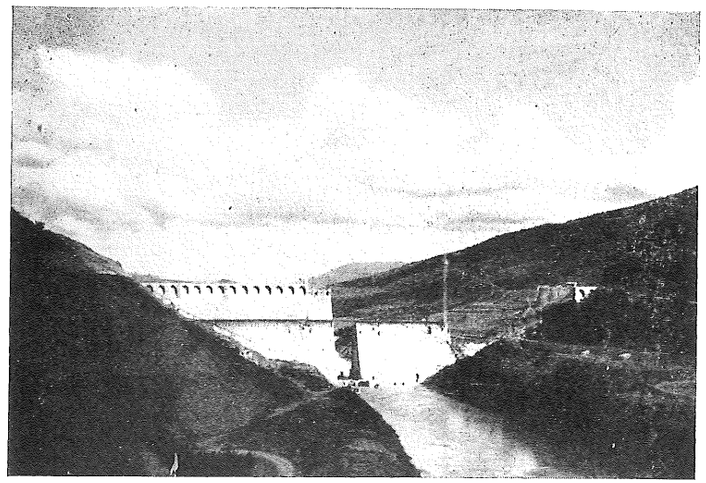


Foto 1.– Presa del pantano de Yesa.

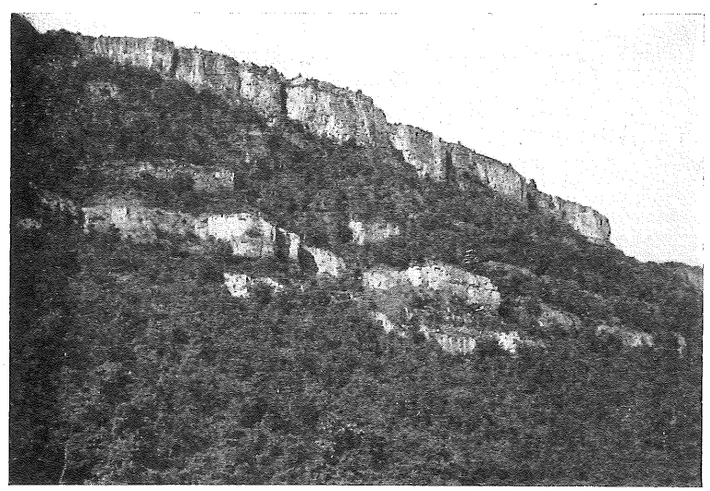


Foto 2.—Sierra de Leire.

a) Senonense inferior.

b) Campaniense-Maestrichtiense inferior.

c) Maestrichtiense superior.

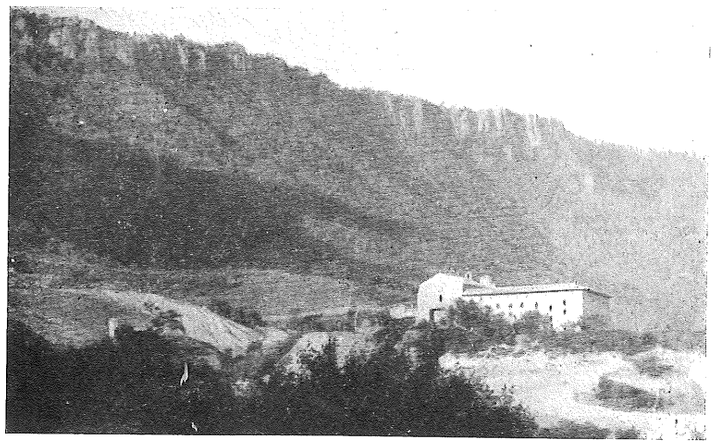


Foto 3.—Monasterio de Leire. Al fondo la sierra.

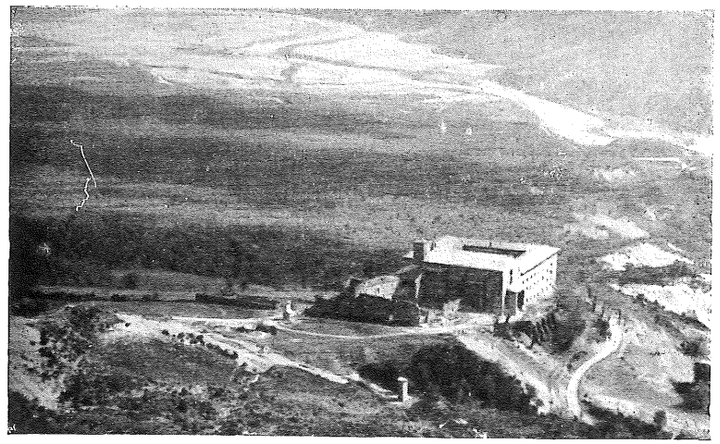


Foto 4.—Vista del Monasterio de Leire y el río Aragón.

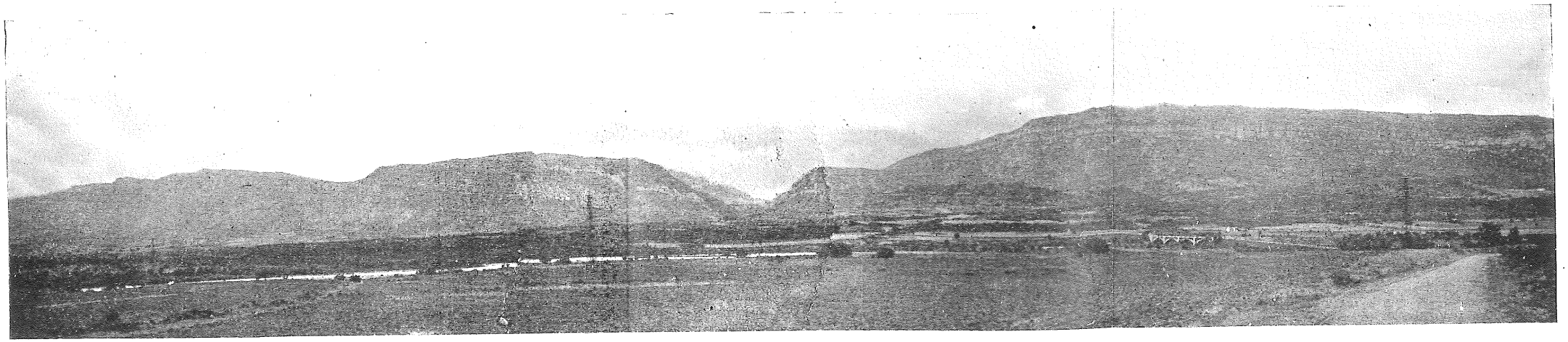


Foto 5. – Panorámica de las sierras de Leire y Orba, vistas desde el S. En el centro de la foto, la entrada al valle del Roncal.

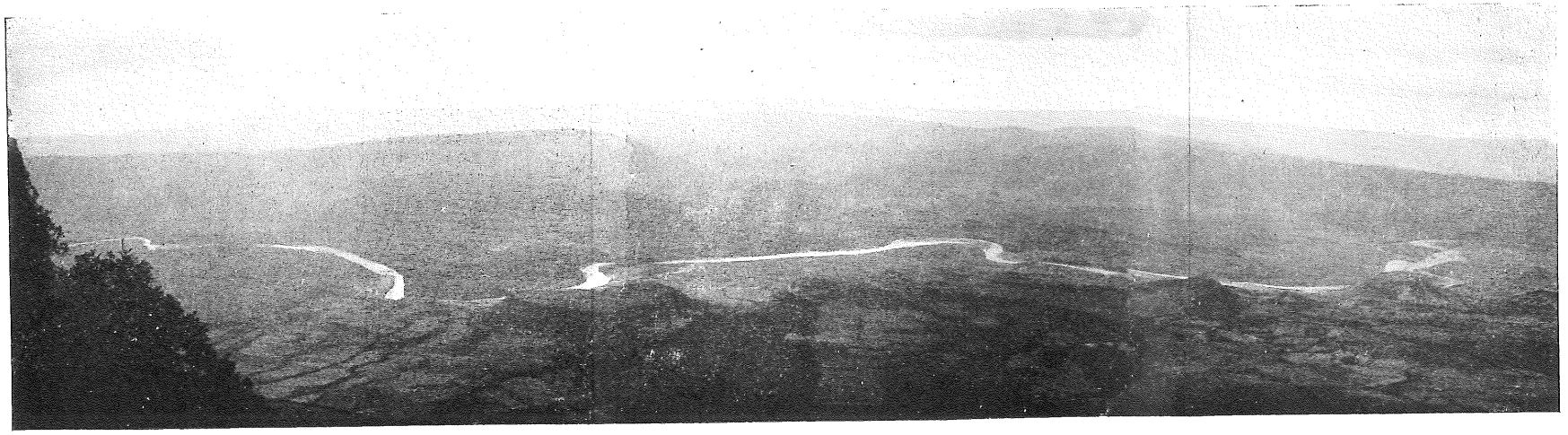


Foto 6. – Vista panorámica del valle del río Aragón, desde el paso del Escalar, en la sierra de Leire. Al fondo sierras oligocenas.

Foto 7. – La hoz del Esca, a la entrada del valle del Roncal. Maestrichtiense, margas y pizarras garumnenses y calizas de Alveolinas.

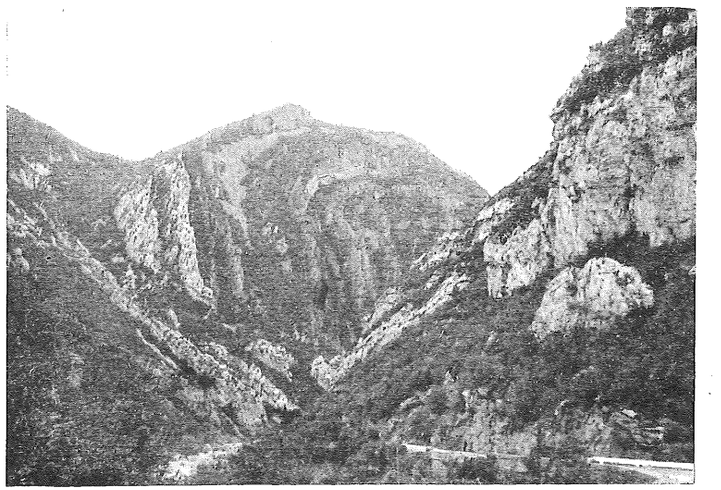


Foto 8. – Sinclinal agudo y anticlinal, en la hoz del Esca.

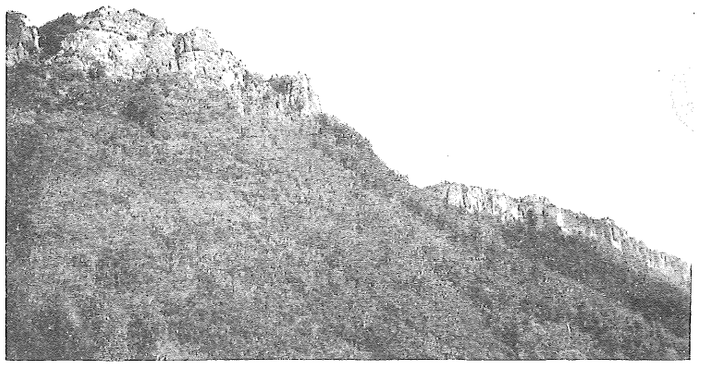


Foto 9.—Coronación de la sierra de Leire por calizas Maestrichtiense. Los tramos inferiores quedan ocultos por la vegetación.

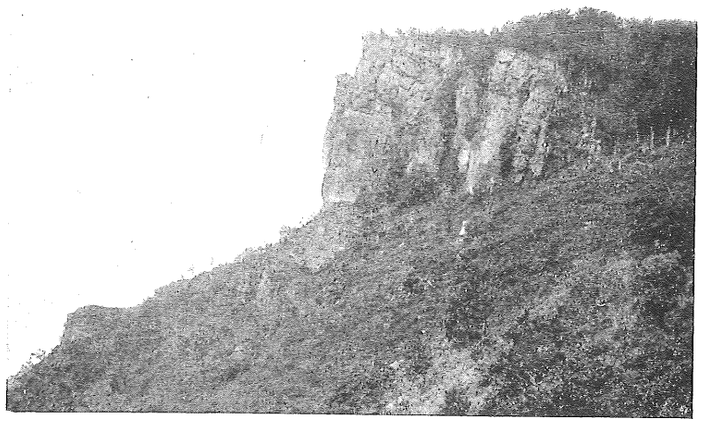


Foto 10.—Cejo terminal de la sierra de Leire. Maestrichtiense.

Foto 11.—Rama N. del anticlinal más septentrional a la entrada de la Hoja. El pueblo de Salvatierra, queda fuera de la misma.

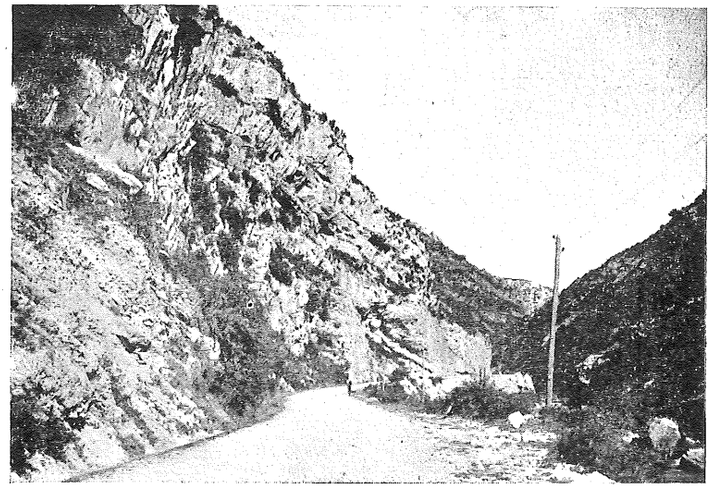


Foto 12.—La misma rama anterior, vista desde el S. Margas y pizarrillas garumnenses y calizas de Alveolinas.

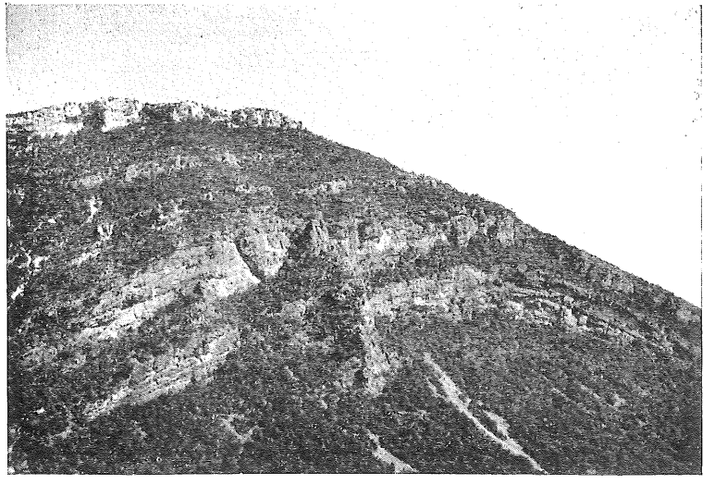


Foto 13. – La sierra de Leire al E. del paso del Escalar.

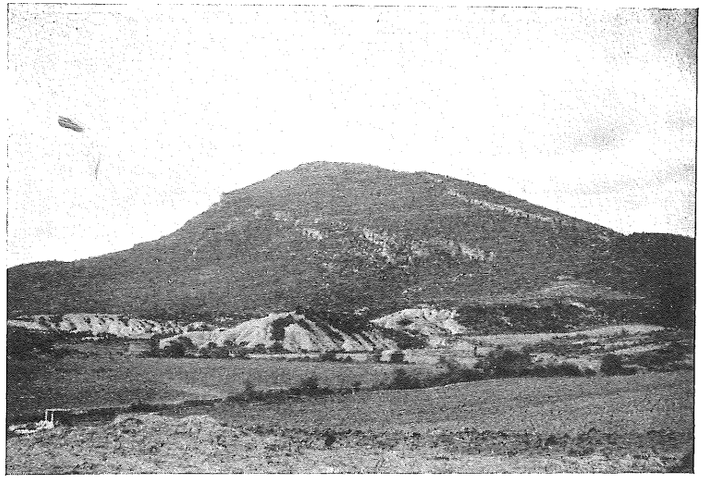


Foto 14. — La sierra de Orba. En primer término las margas eocenas.

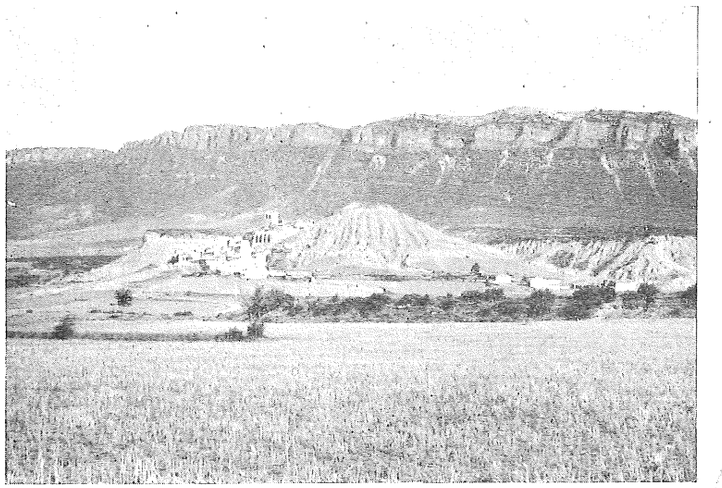


Foto 15.—La villa de Esco, sobre margas eocenas. Al fondo la sierra de Leire.

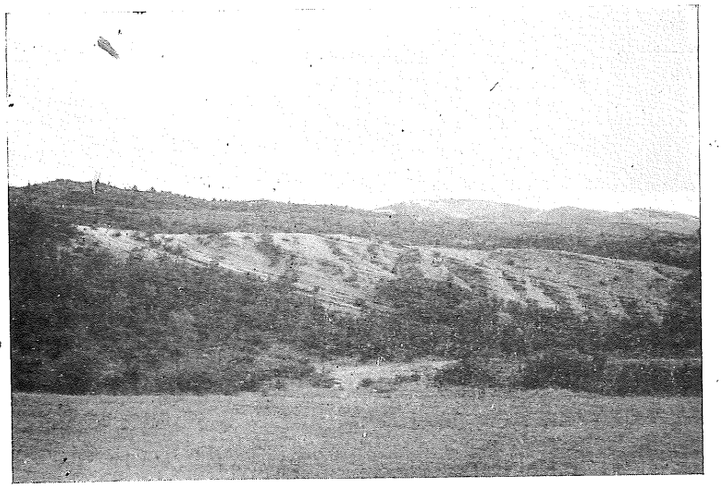


Foto 16.—El flysch eoceno.