

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

SIGUES

Primera edición



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA

Esta Memoria ha sido redactada por:

Los Dres. Ingenieros de Minas, D. Baldomero J. de Rojas Tapia y D. Carlos Martínez Díaz, de ENADIMSA, con normas y supervisión del IGME.

Han colaborado:

Trabajos de campo: D. Francisco Latorre, Dr. Ingeniero de Minas.

Fotogeología: D. Emilio Moreno de Castro, Dr. Ingeniero de Minas.

Macropaleontología: D.^a Trinidad del Pan Arana, Dra. en Ciencias Geológicas.

Estudio de alveolinas: Prof. Hottinger.

Estudio de oogonios de Characeas: Prof. Grambast.

Sedimentología: D. Fernando Leyva, Geólogo.

Depósito Legal: M - 3.296 - 1973

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Madrid-16

1. ESTRATIGRAFIA

Los materiales cartografiados dentro de la Hoja corresponden a los niveles cronoestratigráficos que se describen a continuación, de términos más antiguos a más modernos:

- 1.1. Cretácico.
- 1.2. Paleoceno.
- 1.3. Eoceno.
- 1.4. Oligoceno.
- 1.5. Cuaternario.

1.1. CRETACICO

Los afloramientos cretácicos se encuentran localizados en la zona septentrional de la Hoja, Sierras de Leyre y Orba, más profusamente en la primera que en la segunda.

Litológicamente, y de abajo a arriba, se distinguen los tramos siguientes:

- 30 m. de calizas más o menos dolomíticas, biohermales, con abundante macrofauna de Coralarios, Rudistas (*Astrocoenia decaphylla*, Misch, *Durania cf. cornupastori*, DES MOULINS). En microfauna se han encontrado *Vidalina*, *Nummofallotia*, *Cuneolina*.

Es un biohermo, posiblemente un verdadero arrecife, como indica la dolomitización en estado avanzado. El ambiente de deposición es, por tanto, arrecifal.

— 60 m. de margas, con intercalaciones de margas arenosas gris-azuladas, con abundante macrofauna de *Lamelibranchios*, *Equinodermos*, *Braquiópodos*, *Echinocorys pyramidalis* (PORTLOCK); *E. vulgaris*, BREYNIUS; *Ostrea cf. canaliculata* (SOW).

Esta marga corresponde a un ambiente de sedimentación de plataforma continental, dada la fauna encontrada de medio ambiente muy costero.

A este conjunto le atribuimos una edad Coniaciense-Santoniense (C₂₃₋₂₄).

— 100-120 m. de caliza arenosa, gris-azulada, con pátina rojiza y con algunos niveles intercalados de calizas dolomíticas y de areniscas, estos últimos son más frecuentes en la parte alta de la formación y pasan lateralmente a conglomerados, siendo los niveles conglomeráticos tan frecuentes o más que los niveles de areniscas y calizas arenosas. El conglomerado está formado por cantos de cuarzo blanco, bien redondeados y cemento silíceo.

En la parte más baja de este tramo (eje del anticlinal en Seta) se ha encontrado la fauna siguiente: *Dicyclina*, *Cuneolina*, *Cyclopsinella*, *Lacazinas*, que determinan para este nivel una edad Santoniense, e inmediatamente encima se presenta una facies semejante al Campaniense del Pirineo de Aquitania.

Los últimos 20 m. de la formación y en los niveles de calizas dolomíticas y de areniscas se han determinado: *Siderolites calcitrapoides* (LAMARCK), *Orbitoides medius* (D'ARCHIAC), *Omphalocyclus macroporus* (LAMARCK), que determinan una edad para este tramo Maestrichtiense Superior.

Aun cuando la base de estos 100 m. es Santoniense, por la escasa potencia de este piso aquí, se separa en el mapa como Campaniense-Maestrichtiense (C₂₅₋₂₆).

Las rocas que forman este paquete representan un ambiente de deposición epicontinental. A medida que se asciende en la serie se observa una regresión marina que culmina, en cuanto a este paquete se refiere, con la deposición del conglomerado.

Los primeros 30 m. de calizas biohermales forman una alineación continua en casi todo el flanco S. de la Sierra de Leyre.

Sobre este tramo y de una forma igualmente continua, algo más extensa en la dirección E.-O., se encuentran los 60 m. de margas gris-azuladas.

Los últimos 100 m. de la serie cretácica marina forman los crestones que culminan las Sierras de Leyre y Orba.

1.1.1. Facies Continental Cretácico Superior-Paleoceno Inferior.

Sobre los niveles del Maestrichiense Superior marino, aparece, en algunos puntos, un paquete continental formado por:

- 35 m. de dolomías arcillosas (aspecto margoso), verdes y rojas, con dos pequeños niveles intercalados de calizas dolomíticas pardo-blancuecinas.

En estos niveles se han determinado *Tectochara* sp., *Peckichara* sp., *Microchara* sp., *Platychara* gr. *caudata*, que determinan una edad Maestrichiense Superior-Paleoceno Inferior ($C_{c26} - T_{c11}^A$).

Se ha depositado en un ambiente continental parálico.

Este tramo se encuentra localizado en la zona alta de la Sierra de Leyre en su mitad oriental, así como en el borde occidental de la Sierra de Orba.

1.2. PALEOCENO

Los afloramientos paleocenos se localizan principalmente en el flanco N. de las Sierras de Leyre y Orba, aunque en algunos puntos pueden aparecer localmente en el flanco meridional.

Está formado por:

- 140 m. de dolomías, algo calcáreas, fétidas, negruzcas, que pasan a calizas en su parte alta.

La fauna encontrada en este tramo está representada por *Distichoplax biserialis* (DIETRICH), *Microcodium elegans* (GLÜCK), *Alveolina* (*Glomalveolina*) aff. *dachelensis*, SCHWAGER.

Los 70 primeros metros, hasta la aparición de *Microcodium* y *Rotalinas*, pertenecen al Daniense (T_{11}^A), que sólo se ha podido separar en el ángulo NO. de la Hoja. Para el resto, y por la fauna encontrada, damos una edad de Montiense-Thanetiense (T_{12-13}^A).

Los 140 m. se han depositado en un ambiente continental que va pasando progresivamente a nerítico.

Hemos de hacer notar que en el mapa hemos limitado el contacto dolomías-calizas, por lo que aclaramos que los primeros niveles calizos corresponden aún al Thanetiense.

1.3. EOCENO

Ocupa la mayor parte de la mitad septentrional de la Hoja, y está representado por los tramos siguientes:

- 40 m. de calizas gris-azuladas, en bancos métricos, que en su mitad

superior contienen gran cantidad de Nummulites y Alveolinas formando, a veces, auténticas lumaquelas.

En la mitad inferior no se ha encontrado fauna característica, habiéndose datado como posible Ilerdiense Inferior.

El primer nivel con fauna representativa, hacia la mitad del tramo, contiene: *Alveolina aragonensis*, HOTTINGER; *A. (Glomalveolina) lepidula* (SCHWAGER); *A. Subpirenaica*, LEYMERIE; *A. cf. pisiformis*, HOTTINGER; *A. moussoulensis*, HOTTINGER; *Opertorbitolites biplanus*, LEHM, que determinan la parte baja del Ilerdiense Medio (T_{21}^{Aa}).

En la parte más alta de la formación se encuentran: *Alveolina leupoldi*, HOTTINGER; *A. rotundata*, HOTTINGER; *Operculina canalifera*, D'ARCHIAC; *O. subgranulosa*, D'ORBIGNY; *Nummulites (gr. globulus)*, que determinan la parte superior del Ilerdiense Medio.

Esta caliza, por la fauna que contiene, parece corresponder a una deposición epicontinental.

La totalidad de este tramo se localiza en los flancos meridionales de las Sierras de Leyre y Orba:

- 1.000 m. de margas gris-azuladas, con algunos lentejones calizos muy fosilíferos, y que hacia el NE. pasan gradualmente a un Flysch. La totalidad del conjunto corresponde al Luteciense (T_2^{Ab}), en el que distinguimos los siguientes tramos:
 - Zona Globigerapsis higgins-Zona G. kugleri (indiferenciadas).
 - Zona G. kugleri-Zona Globigerinatheka barri (indiferenciadas).
 - Zona G. barri-Zona Truncorotaloides rohri (indiferenciadas).
 - Zona Truncorotaloides rohri.

Este tramo se ha sedimentado en un ambiente nerítico a batial, en el dominio del Flysch.

- 1.500 m. de margas gris-azuladas.
- 70 m. de Flysch, que hacia el E. pasan lateralmente a areniscas y a veces a conglomerados.

En el tramo margoso se han distinguido las zonas de:

- Zona de Globigerapsis semiinvoluta (con las subzonas D y C).
- Zona de Globorotalia cocoaensis (con las subzonas B y A).

Este conjunto de margas y Flysch lo atribuimos en su totalidad al Priabonense (T_2^{Ac}).

Los 1.500 m. primeros se han depositado, junto con el Luteciense, en un ambiente nerítico a batial. Al subir en la serie se nota una regresión que hace que los tramos finales pasen a un ambiente epicontinental.

La secuencia margas lutecienses-margas priabonienses son indiferenciables litológicamente, por lo que el contacto entre ambas formaciones no lo hemos puesto en el mapa.

1.3.1. Facies Continental Eoceno Superior-Oligoceno Inferior.

Aflora en el borde septentrional de la Sierra de Peña Musera, en la continuación de esta Sierra hacia poniente y en algunos puntos del anticlinal que forma la Sierra de la Magdalena.

Está constituido por:

- 1 m. de anhidrita.
- 50 m. de sal común, normalmente disuelta.
- 10 m. de sales potásicas (silvinita y carnalita), normalmente disueltas.
- 30 m. de sal común, con intercalaciones arcillosas.
- 50 m. de alternancia de margas, arcillas y yesos de colores abigarrados.
- 80 m. de areniscas calcáreas.
- 80 m. de alternancia de margas y areniscas.

En los últimos 80 m. se han encontrado *Harrisichara lineata*, GRAMBAST; *Gyrogona wrighti* (REIS y GROVES), PIA, que determinan una edad Eoceno Superior-Oligoceno Inferior ($T_{e2-31}^{Ac A3}$). El resto del conjunto es totalmente estéril.

El ambiente de sedimentación es continental parálico.

1.4. OLIGOCENO

Ocupa casi la totalidad de la mitad meridional de la Hoja.

Está formado por:

- 1.000 m. de margas arcillosas, de tonos rojizo-amarillentos, en bancos de unos 50 m. de potencia en alternancia con bancos de areniscas calcáreas y margas de unos 50 m. de potencia.

Este tramo se ha podido datar como Sannoisiense (T_{c31}^{A3}), en base a la determinación de:

Harrisichara lineata, GRAMBAST; *H. tuberculata* (LYELL) GRAMBAST; *Tectochara gr. meriani*; *Rhabdochara stockmansi*, GRAMBAST; *Chara cf. media*; *Rhabdochara subglobosa*; *Sphaerochara cf. subglobosa* (GROVES); *Harrisichara variformes* (REID y GROVES) GRAMBAST.

Este Sannoisiense se encuentra en la mayor parte del sinclinal de Undués de Lerda-Los Pintano.

- 1.500 m. de alternancia de margas arcillosas, rojizo-amarillentas, en

bancos de unos 50 m. de potencia, que alternan con intercalaciones de areniscas y margas en bancos de 50 m. de potencia.

Por la flora encontrada se ha determinado para este tramo una edad Stampiense (T_{c32}^A), dicha flora está representada por: *Chara microceros*, GRAMBAST y PAUL; *Tectochara meriani*, GRAMBAST; *Rhabdochara major*, GRAMBAST y PAUL; *Sphaerochara hirmeri* (RASKY) MADLER.

Tanto el Sannoisiense como el Stampiense se han depositado en un lago somero, ambiente continental oxidante, que sufre una subsidencia sedimentaria.

1.5. CUATERNARIO

Hay una gran extensión recubierta por depósitos cuaternarios, fundamentalmente de derrubios de vertiente en los bordes de las sierras y depósitos fluviales en las márgenes del Río Aragón. En la Canal de Berdún hay un máximo de estos sedimentos, constituidos por cantos y limos, y que por su altura con respecto al cauce hemos datado de:

- 0 m. Holoceno.
- 10 m. Flandriense.
- 20-50 m. Tirreniense.
- 70 m. Siciliense.

2. TECTONICA

La zona que nos ocupa está afectada por los Movimientos Alpinos, y su carácter actual se debe casi exclusivamente a los Movimientos Meso-Alpinos. Las direcciones fundamentales de los empujes son dos: una, N.NE.-S.SO., que motiva los accidentes de dirección E.-O. (cabalgamientos de Leyre, fundamentalmente), causada por el levantamiento del Pirineo, y otra, E.-O., que da lugar a los accidentes de dirección aproximada N.-S., causada por un retraso en la transmisión de los esfuerzos en aquel sentido, de modo que en cualquier movimiento se nota un efecto en la parte oriental de la Hoja que se transmite a la occidental con posterioridad. Estos dos sentidos de empuje motivan las dos direcciones principales de accidentes, que cuadrículan la Hoja a modo de rombos, funcionando los unos con relativa independencia con respecto a los otros. Según el sentido de ambos empujes, hay dos sistemas de accidentes tectónicos: E.-O. y N.NE.-S.SO., de la misma importancia, aun cuando el primer sistema es mucho más espectacular.

De dirección E.-O. es la serie de cabalgamientos que jalonan el farallón de las Sierras de Leyre y Orba. Los planos de estos cabalgamientos buzan

a N., y en el corte del Río Esca se puede apreciar el escaso buzamiento de alguno de ellos, que es de unos 20°. En general, estos cabalgamientos se hacen aprovechando las margas eocenas, que son buenas pistas de deslizamiento.

Del mismo tipo es el anticlinal volcado, y en algún punto cabalgante de la Sierra de la Magdalena, al S. de la Hoja. Este cabalgamiento ha aprovechado como pista las margas continentales de finales del Eoceno-principio del Oligoceno.

Las descritas son fallas inversas ocasionadas por el empuje del Pirineo, que, al igual que motiva cabalgamientos y anticlinales, crea sinclinales. En el Río Esca, al N. de Sigüés, pueden verse dos de ellos, que en el reajuste de la zona, posterior al empuje, crean fallas directas de poca extensión superficial, pero de gran importancia local. Son las que limitan el anticlinal en seta de núcleo Campaniense-Maestrichtiense.

Hay también, ocasionados por este sistema de empujes, pliegues de dirección E.-O., como el sinclinal de Undués de Lerda-Los Pintano, anticlinal de Berdún, etc.

El sistema N.NE.-S.SO. está representado por una serie de fallas, de las que tres tienen verdadera importancia. La más occidental pasa al O. del Monasterio de Leyre y tiene poca influencia en nuestra Hoja. La segunda es la de Ruesta, y la tercera la de Villarreal de la Canal. La de más trascendencia es la de Ruesta, que, como se dirá en la historia geológica, actúa de charnela sobre la que gira el bloque oriental de Los Pintano de modo continuo.

Afectando a la fase continental de finales del Eoceno-principios del Oligoceno, hay gran cantidad de fallas del sistema N.NE.-S.SO., que deben su causa principal a las fracturas de este sentido, primarias, y que se han intensificado por las disoluciones de las evaporitas, al entrar aguas por las fallas preexistentes.

No se observa ningún plegamiento de esta segunda dirección N.NE.-S.SO.

3. HISTORIA GEOLOGICA

Como se ha dicho en el apartado de Estratigrafía, el terreno más bajo que aparece en la Hoja es el Coniaciense. Vamos a remontarnos, sin embargo, a la base del Cretáceo para analizar completamente la historia geológica sufrida por los terrenos que nos ocupan.

A principios del Cretáceo, el Pirineo actúa como un gran geosinclinal, cuyo eje debía coincidir con la actual línea de alturas máximas de la cordillera, en el que se estaban acumulando enormes masas de sedimentos. La línea de costa sur de este mar debía pasar, aproximadamente, por el centro de nuestra Hoja, como iremos viendo.

El Coniaciense, formado en su base por un biohermo, denota proximidad de costa. Las margas que reposan sobre este terreno son también de plataforma continental, de poca profundidad, hecho que se demuestra por la fauna encontrada. Los tramos Campaniense y Maestrichtiense, bastante detríticos, son aún más costeros (apoya esta teoría la existencia de óxidos de hierro, deposición que en un clima húmedo, como reinaba en esta época, se hace en la zona costera), y la existencia de un conglomerado en la parte alta del Maestrichtiense denota una playa. Estamos, por tanto, asistiendo a una regresión en la que tanto la Fase IIsedérica como la Wernigeródica de los movimientos Sub-Hercínicos tienen poca importancia (no se observan cambios bruscos, ni lagunas, ni discordancias).

Al final del Maestrichtiense se deja sentir la Fase Paleolarámica de los Movimientos Larámicos, con gran intensidad. La deposición, que hasta este momento venía siendo de plataforma continental, cambia a totalmente costera (conglomerados) y hasta continental, facies continental de finales del Maestrichtiense-principios del Paleoceno. Es muy posible que mientras en la parte NO. de la Hoja se está depositando el conglomerado, en la parte centro-norte se depositen las margas continentales en una laguna costera, régimen parálico, pues ya dijimos en el apartado Estratigrafía que la base de las margas aún podían ser cretáceas. En la zona central de las sierras continúa el tipo de sedimentación parálica durante la base del Paleoceno, mientras que en los extremos oriental y occidental sigue un régimen marino costero en el que precipitan las dolomías del Danés, Montienense y Thaneienense.

El Ilerdiense se deposita igualmente en un ambiente de poca profundidad, como demuestra la existencia de Nummulites, fauna que aparece como máximo a los 150 m. de profundidad. Hay una laguna estratigráfica, y no se ve el Cuisiense, que está bien representado en la Hoja vecina de Aoiz, número 142. Indudablemente, esta laguna corresponde a movimientos someros de la costa con relación al mar.

Todos los cambios descritos hasta este momento han debido ocasionar, indudablemente, fallas y fracturas, que están enmascarados por los terrenos posteriores.

Al final del Cuisiense hay una nueva transgresión, coincidiendo con la Fase Pirenaica de los Movimientos Meso-Alpinos. El núcleo del Pirineo está ya emergido a modo de isleos, y la deposición luteciense y priaboniense se hace en la prefosa, en el dominio del Flysch en un mar profundo. Se deposita así la gran cantidad de margas que forman estos dos pisos.

Cuando está prácticamente terminada la sedimentación priaboniense, hay un movimiento de gran trascendencia: la Primera Fase Pirenaica de los Movimientos Meso-Alpinos.

Comienza este movimiento en el Priaboniense A para el extremo oriental de la Hoja y en el Priaboniense terminal (Flysch) para el extremo occi-

dental. Así, el Priaboniense A es claramente marino en Marmayor, en La Nava, y marino, con interlaciones de tipo lagunar-lacustre, en el Paso de la Espesa. El Flysch del Priaboniense terminal, en La Nava, equivale a un paquete arenoso al E. de Ruesta, y algo más a levante, al SO. de Martes, llega a ser un conglomerado. Hay, pues, una serie de movimientos que hacen que mientras unas zonas continúan con clara sedimentación marina, otras estén con una sedimentación continental parálca, y aun en otras no haya sedimentación, como ocurre en San Gorrín, ángulo SE. de la Hoja, donde hay Oligoceno sobre Priaboniense B.

Las pulsaciones de la Primera Fase Pirenaica van retirando el mar abierto de nuestra zona. Cuando se están depositando las evaporitas, el lago receptor está en comunicación intermitente con el Océano, de modo que, bajo un clima árido, la evaporación supera a la entrada de agua y la concentración salina aumenta enormemente, hasta el punto de precipitar sales potásicas y magnésicas. La barra que permite la entrada de agua marina al lago debe estar a gran distancia de nuestra zona. Nuevas pulsaciones del mismo movimiento levantan el umbral de entrada, aislando la cuenca del mar abierto a finales del Eoceno o principios del Oligoceno, de modo que la deposición posterior a las evaporitas es francamente continental.

Hasta aquí, y en lo que se refiere a la Primera Fase Pirenaica, hemos visto el tipo de sedimentación que ha tenido lugar. Existe otro segundo efecto a contemplar: los accidentes tectónicos originados. El conjunto de cabalgamientos de las Sierras de Leyre y Orba han debido comenzar en esta época, aunque quizá sin llegar a los resultados que se ven hoy. Esto es, posiblemente las sierras terminarían en su parte meridional con anticlinales, y puede que hasta volcados al S., pero sin llegar a ser cabalgamientos que se originaran con movimientos posteriores. La ola orogénica alcanza a la región meridional de la Hoja, formando el anticlinal de la Magdalena. El lago en que se han depositado las evaporitas está afectado por el levantamiento del anticlinal de la Magdalena en la parte suroriental de la Hoja (en San Gorrín no se ha depositado este terreno).

El sistema de fallas de dirección general N.NE.-S.SO., que hemos representado en el mapa, debe ser posterior al descrito, puesto que afecta sobremanera a los accidentes mencionados. Pero hay motivos que nos hacen pensar que sea anterior y que su rejuvenecimiento, al final del Stampiense, haya sido más intenso que el rejuvenecimiento del sistema E.-O. Estos motivos, que no son definitivos, son los siguientes: 1.º Los trabajos de geofísica sísmica, realizados por las compañías petrolíferas que han estudiado la zona, dan el sistema N.NE.-S.SO., de gran trascendencia, habiendo alcanzado el Trías. Es difícil pensar en movimientos post-stampienses que hayan actuado fracturando espesores tan considerables como para haber trastornado hasta el Trías y éste en su totalidad. 2.º La región situada a levante de la falla de

este sistema, que pasa por Ruesta, parece que se va hundiendo a lo largo del tiempo, girando alrededor de una charnela que coincide con este accidente. De este modo, sobre el Priaboniense terminal de la Sierra de Peña Musera descansan terrenos oligocenos que son más modernos a medida que nos desplazamos hacia levante. Trataremos de este sistema más adelante, pero creemos necesaria esta aclaración para poder comprender la deposición oligocena.

Como hemos dicho anteriormente, cuando se termina la deposición evaporítica, la mitad meridional de nuestra Hoja está anegada por un lago que ocupa todo el actual Valle del Ebro y que no tiene ya comunicación con el mar abierto. Tradicionalmente se viene suponiendo que este cierre se ha debido a la actuación de los movimientos de la Segunda Fase Pirenaica. Nosotros creemos que las dos Fases Pirenaicas, primera y segunda, de los Movimientos Meso-Alpinos, no deben separarse, sino que deben considerarse como una fase única con muchas, a modo de pulsaciones, que, por lo que se refiere a nuestra Hoja, comienzan en el Priaboniense B y llegan hasta la base del Sannoisiense.

En el lago que se forma a principio del Oligoceno se depositan unos 3.000 m. de sedimentos, que comprenden los terrenos Sannoisiense y Stampiense. La cuenca de sedimentación es muy somera y va sufriendo una subsidencia sinsedimentaria notable, como demuestra la gran potencia depositada. El que los sedimentos se hayan formado en un medio muy somero, queda demostrado por la serie de estructuras (ripple-mark, estratificación cruzada, etc.) que se encuentran.

El conjunto que se deposita, lo hace en el dominio de la molasa, tal como se ha definido este dominio en los Alpes.

En la extensión de la Hoja no hemos observado ningún trastorno de edad sannoisiense ni stampiense.

Los terrenos stampienses son los últimos que se depositan en la Hoja de Sigüés, aparte de las terrazas cuaternarias. Pero la sedimentación continúa, y en las Hojas vecinas de Sangüesa y Sos del Rey Católico aparece el Chattiense. Debemos hacer referencia a este piso para poder comprender los efectos tectónicos post-stampienses que figuran en nuestro mapa.

A finales del Stampiense, un nuevo movimiento Meso-Alpino, junto con el ya descrito, Primera Fase Pirenaica, da el carácter estructural que en la actualidad posee nuestra Hoja. El lago en el que se han depositado los dos primeros pisos oligocenos sigue existiendo, aunque se va desplazando hacia el Sur.

Los efectos tectónicos ocasionados por este último movimiento se manifiestan en los dos sistemas fundamentales, ya enunciados, E.-O. y N.NE.-S.SO. Los cabalgamientos de Leyre y Orba no son más que los resultados de este empuje a un anticlinal (quizá volcado) preexistente. El pliegue vol-

cado de la Magdalena, cabalgamiento en una parte considerable de su extensión, tiene el mismo origen. Pero aquí también, en Leyre y Orba, los trastornos E.-O. están condicionados por el sistema N.NE.-S.SO., de modo que los trozos comprendidos entre accidentes de este segundo sistema funcionan totalmente independientes con respecto a los que le son próximos.

Además de estos accidentes, aparecen en esta época el sinclinal de Undués de Lerda-Los Pintano, la falla de Navardún, etc.

Al terminar este movimiento, de edad Stampiense-Chattiense, nuestra Hoja presenta el aspecto estructural que aún hoy posee. Sin embargo, es muy posible que los movimientos miocenos y pliocenos se hayan dejado sentir, si bien con escasa o nula importancia. Aún en épocas recientes, julio de 1923, se ha registrado un movimiento sísmico cuyo epicentro se encontraba al NO. de Martes y que debió coincidir con un reajuste de la falla que, con dirección N.NE.-S.SO., pasa por Villarreal de la Canal.

4. GEOLOGIA ECONOMICA

No se conoce en la extensión de la Hoja ninguna explotación minera de importancia.

Al NO. del Monasterio de Leyre ha existido una cantera, abandonada actualmente, de la que se sacaba caliza para la construcción de la presa de Yesa.

Igualmente existen dos canteras, abandonadas, de caliza luteciense al este de Sigües, que se han empleado para obras públicas.

En el extremo SO. de la Hoja hay un nivel que comprende minerales de cobre, pero que en la extensión que estudiamos no tiene manifestaciones de este mineral. Se ha podido comprobar su existencia en la Hoja vecina de Sangüesa, en areniscas de la parte alta del Stampiense. Este nivel ha sido objeto de explotación en Biel.

En cuanto a aguas, la zona es rica en ellas. En el Cretáceo, las calizas arenosas del Campaniense-Maestrichtiense representan un buen nivel del almacenamiento, más aún cuando el nivel subyacente está constituido por margas que son prácticamente impermeables.

Lo mismo se puede decir del Herdiense, limitado, por arriba y por abajo, por las margas lutecienses y garumnenses, respectivamente.

En cuanto al Oligoceno, aun cuando los espesores de las areniscas son reducidos, la gran cantidad de niveles arenosos hace suponer una buena captación acuifera.

En la zona que estudiamos hay gran cantidad de manantiales, alguno de aguas minero-medicinales, como el Balneario de Tiermas, de aguas sulfurosas.

5. BIBLIOGRAFIA

- ALASTRUE, E.; ALMELA, A., y RIOS, J. M.—«Explicación al mapa geológico de la provincia de Huesca». Escala 1:200.000, Madrid, 1957.
- ALMELA, A., y RIOS, J. M.—«Estudio geológico de la zona subpirenaica aragonesa y de sus sierras marginales». *Primer Congreso Internacional del Pirineo*. Zaragoza, 1951.
- ALVARADO, M., y TRIGUEROS, E.—«Explicación de la Hoja n.º 175, Sigüés». *I. G. M. E.*, 1959.
- BARRERE, P.—«Deux cartes géologiques des Pyrénées aragonaises». *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. XXII, fase I, París, 1951.
- BERSIER, A.—«Sequences détritiques et divagations fluviales». *Cinquième Congrès international de Sedimentologie. Eclogae geol. Helv.*, 1959.
- CAREZ, L.—«Resumé de la géologie des Pyrénées Françaises». *Bull. de la S. G. de la F.*, t. X, 4.ª serie, 1912: «Sur quelques points de la géologie du Norá de l'Aragon et de la Navarre». *Bull. de la S. G. de F.*, t. X, serie 4.ª, 1910.
- CANTOS, J.—«Paleontología de un sondeo en un terciario de Navarra». *N. y C. del Inst. Geol. y Min. de Esp.*, n.º 4, 1932.
- DALLONI, M.—«Etude géologique des Pyrénées de l'Aragon». Marseille, 1910.
- DEL VALLE, A.—«Descubrimiento de la cuenca potásica Navarra». *Not. y Com. del I. G. M. E.*, n.º 4, pág. 3, Madrid, 1932.
- HEHUWAT, F. H. A.: «The transition from marine to continental sedimentation in the Eocene of the Guarga Synclinorium, Huesca province, Spain», 1972.
- HERNANDEZ PACHECO, E.—«Ensayo de síntesis geológica del Norte de la Península Ibérica». Madrid, 1912.
- HERNANDEZ SAMPELAYO, P.—«El Flysch en Yesa, Navarra». *Not. y Com. del I. G. M. E.*, n.º 5, pág. 74, Madrid, 1933.
- JACOB, CH.; FALLOT, P.; ASTRE, G. et CARY, R.—«Observations tectoniques sur le versant meridional des Pyrénées centrales et orientales». *Cong. Geol. Inter. C. R. de la XIV.ª sesión*. Madrid, 1926.
- LAMARE, P.—«Sur la structure des Pyrénées navarraises». *C. R. de la XIV Seance du Congres Geol. Inter.*, Fase II. Madrid, 1917.
- LOMBARD, A.—«Sedimentologie du flysch». *Cinquième Congrès international de Sedimentologie. Eclogae. geol. Helv.*, 1959.
- LLOPIS LLADO, 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.

- MALLADA, L.—«Descripción física y geológica de la provincia de Huesca». *Mem. Com. Mapa Geol. Esp.* Madrid, 1878.
- 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. — «Le nummulitique sud-Pyrineen a l'ouest de l'Aragon». *Pirineos*, Zaragoza, 1959-60.
- MARIN, A.—«La depresión del Ebro. La tectónica y los yacimientos minerales». *Bol. I. G. M. E.*, t. LVII, Madrid, 1945. «Algunas notas estratigráficas sobre la cuenca terciaria del Ebro». *Bol. I. G. M. E.*, t. XLVII, Madrid, 1945.
- MARTINEZ, C.—«Correlaciones bioestratigráficas del Eoceno de la Hoja de Aoiz (Navarra)». *Chilage*, 1971.
- MENDIZABAL, J., y CINCUNEGUI, M.—«Nota acerca de la extensión del Oligoceno en Navarra». *Not. y Com. del I. G. M. E.*, n.º 4, pág. 140, Madrid, 1932.
- MISCH, P.—«Der Bau der Mittlereu sudpirenaeu». *Abh. Ges. Wiss Gottingen*. Berlín, 1934. Trad. española por J. G. DE LLANERA: «La estructura tectónica de la región central de los Pirineos meridionales». *Publicaciones extranjeras sobre geología de España*, t. IV, C. S. de la I. C. Madrid, 1948.
- PALACIOS, P.—«Los terrenos mesozoicos de Navarra». *Bol. I. G. M. E.*, t. XL, XX de la 2.ª serie 1919: «La formación Weardense en el Pirineo navarro». *Bol. Inst. Geol. y M. de Esp.*, t. XXXVI, Madrid, 1915.
- REY PASTOR, A.—«El período sísmico de la Canal de Berdún», 1923-25, Madrid, 1931.
- RIOS, J. M.; ALMELA, A., y GARRIDO, J.—«Contribución al conocimiento estratigráfico y tectónico del Pirineo navarro.» *Not. y Com. I. G. M. E.*, n.º 13 y 14, 1933.
- RIOS, J. M.; MENDIZABAL, J., y ALMELA, A.—«Explicación de la Hoja n.º 174 de Sangüesa». *I. G. M. E.*, 1950.
- ROJAS, B. J.; LATORRE, F., y FERNANDEZ, E.—«Contribución al conocimiento de la última fase de los movimientos Meso-Alpinos en las provincias de Navarra, Zaragoza y Huesca». *C. H. I. L. A. G. E.*, 1971.
- ROJAS, B. J.; MARTINEZ, C. y otros.—«Explicación de la Hoja n.º 142 de Aoiz». (Aún no publicada.)
- ROMERO ORTIZ, J.—«Los cobres de Biel». *Rev. Minera*, Serie C., t. LI. Madrid, 1933.
- SOLER-SAMPERE, M.; PUIGDEFABREGAS-TOMAS, C.—«Líneas Generales de la Geología del Alto Aragón Occidental». *Pirineos*, 1970.
- SELZER, G.—«Geologie der Südpyrinischen Sierren in Oberaragonien». *Nen. Jahrb. f. Mineralogie*, et t. 71, 1934. Traducción española por J. M. RIOS: «Geología de las Sierras Subpirenaicas del Alto Aragón». *Publicaciones extranjeras sobre Geología de España*, t. IV, C. S. de S. C., Madrid, 1948.