



IGME

33

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:200.000

Síntesis de la Cartografía existente



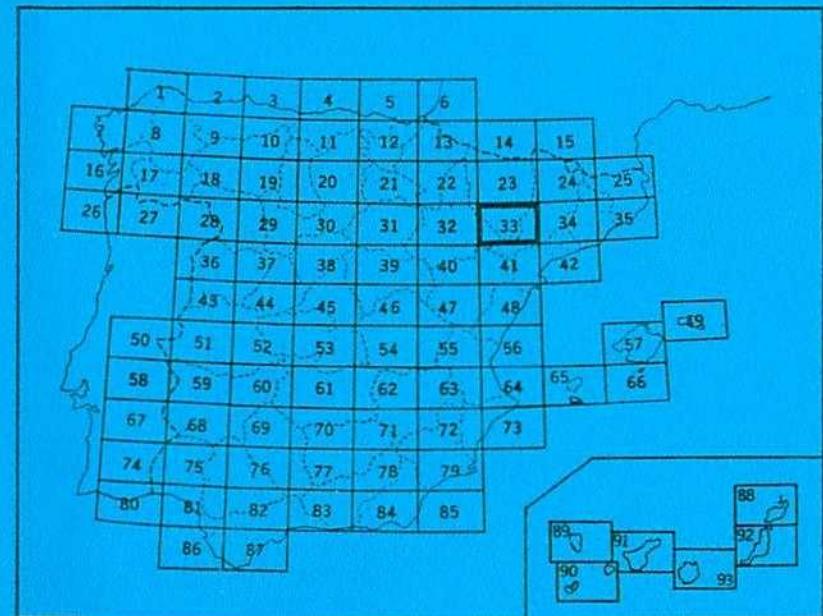
INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA
RIOS ROSAS, 23 - 28003 MADRID

I.S.S.N. 0211-4860



LERIDA

Segunda edición



MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:200.000

Síntesis de la Cartografía existente

LERIDA

Segunda edición

*Esta Memoria explicativa ha sido redactada
por ORIOL RIBA (Instituto «Jaime Almera»,
C.S.I.C., Barcelona) y los equipos de Síntesis
del IGME.*

AP-AP-330-COBORDADO ARAM
Editado
por el
Departamento de Publicaciones
del
Instituto Geológico y Minero
de España
Ríos Rosas, 23 - 28003 Madrid

Depósito Legal: M-13.896-1986
NIPO 232-86-003-7

Imprenta IDEAL, S. A. - Chile, 27 - Teléf. 259 57 55 - 28016-MADRID

1 INTRODUCCION

La Hoja número 33, Lérida, del Mapa Geológico de España a escala 1:200.000 tiene un encuadre que engloba una parte muy importante de la Depresión terciaria del Ebro. Puede decirse que el 95 por 100 de la superficie está ocupada por terrenos del Terciario Continental, Paleógeno y Mioceno, además del Cuaternario. Salvo en el ángulo NE, la zona ocupada por la Hoja del Mapa 1:50.000 «Os de Balaguer» presenta el reborde meridional de las Sierras Exteriores Subpirenaicas, también conocido con el nombre de zona de «Las Nogueras».

Administrativamente el territorio pertenece a las provincias de Zaragoza, Huesca y Lérida, y sólo un pequeño retazo del ángulo SO es de Teruel.

Para evitar repeticiones, es preciso hacer constar que la geología de la parte central y occidental de la Hoja número 33, al oeste del Cinca, ha sido estudiada por don JOSE QUIRANTES para su Tesis de doctorado, aún inédita, elaborada en el antiguo Departamento de Sedimentología y Suelos de Zaragoza. El resto de la Hoja se ha compuesto con datos publicados e inéditos de O. RIBA, J. VILLENA y J. QUIRANTES; con fotointerpretación de O. RIBA en zonas de Urgell y Segriá y los datos cartográficos hasta el presente (Hojas del Mapa Topográfico 1:50.000 número 327, «Os de Balaguer»; número 359, «Balaguer», y 388, «Lérida»).

Esta Memoria ha sido redactada en casi su totalidad, a excepción de los datos correspondientes a la región de Os de Balaguer, por el doctor ORIOL RIBA, en colaboración con JOSE QUIRANTES y ANDRES MALDONADO.

Las principales unidades geológicas que cabe distinguir en esta Hoja son las siguientes:

1. Zona mesozoico-terciaria de la región de Os de Balaguer, correspondiente a la parte más meridional de las Sierras Exteriores Subpirenaicas.
2. Terciario, al nordeste del anticlinal de Barbastro, del Oligoceno Superior-Mioceno.
3. Anticlinal de Barbastro, con núcleo yesífero paleógeno, flanqueado por el Oligoceno Continental en la rama meridional.
4. Sinclinal de Monzón, ocupado por terrenos detriticos de la base del Mioceno.
5. Zona miocena de Monegros, con relieves tabulares de calizas (Bujaraloz-Fraga) y yesos al O de Bujaraloz con el complejo escalonado de glacis-terrazas fluviales al S de la Sierra de Alcubierre.

La cuenca terciaria del Ebro tiene una forma sensiblemente triangular. La delimitan claramente unos rebordes montañosos: por el N, los Pirineos; por el SO, la Cordillera Ibérica, y por el SE, las cadenas costeras catalanas. La delimitan claramente unos rebordes montañosos: por el N, los Pirineos; en la base marino medio y en parte continental endorreico o cerrado; es decir, sin drenaje hacia el mar. Tal endorreísmo se mantuvo durante una gran parte del Terciario, no sólo gracias a un clima por lo menos localmente algo árido, sino también debido al levantamiento tectónico, durante las fases de plegamiento intraterciarias de las cordilleras marginales, fenómeno que fue simultáneo al de la subsidencia del zócalo de la cubeta sedimentaria.

La cubeta terciaria del Ebro presenta una disimetría muy acusada en cuanto se refiere al reparto de las unidades estratigráficas. Basta una ojeada al mapa geológico para percibirse de ello. Esta disimetría es de potencias y de facies litológicas. En efecto, según un perfil norte-sur, encontramos, en el flanco norte o pirenaico, una potente serie marina que engloba al Paleoceno y Eoceno; a partir del Eoceno Superior (Biarrizense-Priabonense o antiguo «Ludiense»), la serie estratigráfica cambia verticalmente de facies marina a continental; y a partir de este momento el depósito prosigue ininterrumpidamente durante el Eoceno terminal, el Oligoceno y Mioceno, dando una sucesión de varios millares de metros de espesor. El flanco sur, en cambio, adosado a la Ibérica, nos muestra una sucesión terciaria mucho menos potente y, además, reducida en unidades estratigráficas; faltan en absoluto las facies marinas del Eoceno; todo el conjunto estratigráfico que allí se puede observar es de facies marinas del Eoceno; todo el conjunto estratigráfico que allí se puede observar es de facies continental, englobando una serie paleógena y miocena. Evolutivamente, el mencionado desarrollo de la cubeta terciaria implica una traslación del surco sedimentario, desde una

posición subpirenaica, durante el Eoceno, a otra más al sur, aproximadamente en la posición del curso actual del Ebro medio.

Desafortunadamente, los yacimientos de vertebrados fósiles escasean mucho en el Terciario Continental del Ebro; para poder llegar a una visión de conjunto y a establecer una síntesis geológica del mismo, ha sido preciso recurrir a:

1. Una cartografía detallada de litofacies.
2. Estudio de las relaciones que guardan entre sí las distintas formaciones; estudio de los pasos laterales de facies.
3. Confección de un mapa de líneas isócronas basadas en el estudio fotogeológico sistemático de toda la cubeta y en las capas-guía más destacadas y continuas; con lo cual, se consigue establecer las correlaciones necesarias para delimitar las unidades cronoestratigráficas; para datar las discordancias, etc.
4. Estudio de las columnas estratigráficas de los sondeos petrolíferos abiertos en la zona abarcada por la Hoja número 33; los cuales son lo bastante numerosos como para poder sacar de sus análisis conclusiones de gran interés acerca del reparto en profundidad de las principales facies y continuidad en las formaciones visibles en la superficie (*).
5. Estudio del substrato del Terciario Continental y la superficie limitante del mismo.
6. Estudio estructural.

2 ESTRATIGRAFIA

2.1 MESOZOICO

2.1.1 Triásico

2.1.1.1 *Muschelkalk*

Queda constituido por calizas fétidas muy negras, perfectamente estratificadas en bancos muy finos, trastornadas y repartidas en las margas yesíferas del Keuper, de forma bastante caótica.

La falta de fósiles y el encontrarse en posición anormal, debida a los empujes del Keuper, no ha permitido datarlas con certeza. La dificultad se incrementa por el hecho de estar mezcladas con carniolas atribuidas al Retiense.

Se atribuyen al *Muschelkalk*, siguiendo a DALLONI, que en esta zona y

(*) Queremos expresar nuestro agradecimiento a los Compañías de investigación de petróleo: E.N.P.A.S.A. y VALDEBRO, por habernos facilitado los logs de los mencionados sondeos y el permiso para publicar los resultados del análisis estratigráfico referente al Terciario Continental.

en las calizas tableadas encontró: *Posidonomya minuta*, Alb.; *Nucula Gregaria*, Munster *Myophoria*; *Arca triásica*, Roemer; *Natica gregaria*, Munster.

2.1.1.2 *Keuper*

Aflora con carácter diapírico en las zonas de Estopiñan, Camporrells y Avellanés.

Posee la facies típica de arcillas abigarradas y yesos, presentando en ocasiones algunos banquitos de caliza margosa y estando frecuentemente asociado son asomos de ofitas.

2.1.2 *Jurásico*

2.1.2.1 *Liásico*

En la región de Os de Balaguer, a las arcillas del Keuper se superponen carniolas muy oqueras, calizas tableadas grises, en ocasiones brechosas, y margas amarillentas, que se atribuyen al Retiense.

En toda esta región el Retiense presenta el mismo aspecto, constituyendo el Lías Inferior en esta zona.

En el núcleo anticlinal que hay al N de Moderes, el Retiense comienza con carniolas y calizas tableadas grises, seguidas por yesos blancos, sobre los que yacen las areniscas del Turonense-Santonense. Estos yesos también aparecen en el flanco S del sinclinal de Os de Balaguer con un espesor de unos 40 m.

La potencia total del Retiense es difícil de calcular, porque frecuentemente está laminado por las salidas extrusivas del Keuper.

El Lías Medio y Superior se presenta en contados lugares. Siempre en afloramientos de poca extensión, siendo de carácter eminentemente margoso y fosilífero. Lo constituyen margas bien estratificadas, calizas margosas y calizas pardo-arenosas. Entre los fósiles encontrados se citan entre otros: *Rhynchonella aff. plicatissima*, Quenst.; *Zeilleria punctata*, Sow; *Z. Subpunctata*, Car; *Gryphaea* sp.; *Pseudopecten aequivalvis*, Schüb; *Amaltheus marginatus*, Monfort.

En general, el Liásico en esta zona tiene poco espesor, del orden de los 50 a 100 m.

Dogger. El nivel de dolomías, tan característico en casi todo el Pirineo español, en esta zona únicamente se ha podido reconocer en Santa Liña, encima de las margas liásicas.

Son calizas oscuras, dolomíticas, algo estratificadas, azoicas, que por su litología, muy semejante al Dogger existente en el Montsec, y el estar concordantes y al techo del Lías fosilífero, ha hecho que se atribuyan a esta edad.

2.1.3 Cretácico

2.1.3.1 Cretácico Inferior

Hasta ahora no se conocía la existencia del Cretácico Inferior en esta zona; no obstante, en el flanco S del sinclinal de Os de Balaguer se ha encontrado un ejemplar de *Toucasia carinata*, Math, bien conservado, que indica la existencia en ese punto del Aptense.

Igualmente en el anticlinal de Canelles, al muro de las areniscas turonenses-santonenses, se encuentran unos bancos de calizas con mala estratificación, de tonos rojizos, que contienen fósiles inclasificables. Estas calizas no pueden atribuirse con seguridad al Aptense o Albense por falta de datos paleontológicos, pero bien pudieran pertenecer a este tramo.

2.1.3.2 Cretácico Superior

2.1.3.2.1 Turonense-Santonense

El Cretácico Superior comienza en esta zona con un nivel muy detritico y bastante constante, formado por areniscas, y en ocasiones arenas, de tonos rojos, blancos o amarillentos, en general bastante groseras.

ALMELA, A., y RIOS, J. M., en la zona de Artesa del Segre (Hoja número 34), encontraron en estas areniscas hippocrites, radiolites e inoceramus, que dataron como turonenses. Al N de Castillonroy se han encontrado *Radiolites radiosus*, d'Orb, y *Praeradiolites paillerei*, d'Orb, del Angoumense (Turonense Superior).

El no tener gran espesor y el pasar gradualmente a las areniscas margosas del Santonense, es la causa de que ambos pisos aparezcan agrupados.

Las arenas margosas van siendo hacia el techo sustituidas por areniscas más compactas e incluso por calizas arenosas y por margas de distintos colores que contienen fósiles santonenses.

En la zona de Canelles, en las areniscas, calizas arenosas y margas del Santonense, se han encontrado: *Cyclolites elliptica*, Lam.; *Placosmilia cuneiformis*, Edw, y *Trochosmilia osensis*, Vidal.

La potencia de esta formación alcanza en Canelles los 200 m., disminuyendo hacia el S hasta tener al N de Castillonroy alrededor de los 100 m.

2.1.3.2.2 Campanense-Maestrichtense

Al techo del Santonense y concordantes con él, se superponen unas calizas francas, de grano grueso, grises, pardas y rojizas que contienen restos de Rudistas, Gasterópodos y Braquiópodos. En algunos puntos estas calizas

se hacen arenosas, presentando en su conjunto una gran uniformidad, que las hace fácilmente reconocibles.

No existe una diferencia litológica entre el Campanense y Maestrichtense que permita su separación. La parte alta de esta formación caliza es atribuida al Maestrichtense.

En Canelles, el Campanense-Maestrichtense tiene un espesor de unos 350 metros, y algo menos en los sinclinales de Tragó y Os de Balaguer, para alcanzar como máximo, en las estructuras inmediatamente al N de Castillonroy, los 150 m.

2.1.3.2.3 Facies Garumnense

Las formaciones que presentan esta típica facies lacustre pertenecen a distintos pisos, que van desde la parte más alta del Cretácico Superior, hasta el Ypresense Inferior, llegando incluso en algunos casos hasta el Ypresense Medio.

En general queda constituida por margas abigarradas de distintos colores, calizas lacustres blanquecinas, a veces oscuras, incluso negras y fétidas, y por areniscas basta pardo-amarillentas. En ocasiones presenta en la parte inferior un tramo de yesos blancos perfectamente estratificados en capas de poco espesor.

En general, el Garumnense comienza y termina por un nivel de calizas oscuras, frecuentemente fétidas. Estos niveles han sido incluidos en esta formación siguiendo un criterio litológico al considerar su aspecto lacustre, si bien parte de estas calizas dadas como garumnenses pudieran pertenecer al Maestrichtense las inferiores y al Ypresense las superiores.

2.2 TERCARIO

2.2.1 Litoestratigrafía

En la Introducción que precede ya nos hemos referido a los caracteres generales que tiene la Depresión del Ebro en su parte central: depósitos de carácter continental endorreico; desarrollo de facies evaporíticas y calcáreas lacustres en su centro y fuertemente detríticas en los bordes; aportes de origen bilateral heredados de los rebordes montañosos vecinos: Pirineos, por un lado, y Cadenas Ibérica-Cordilleras costeras Catalanas, por otro. Estos caracteres más destacados quedan perfectamente observables en la naturaleza mineralógica y petrográfica de los sedimentos. Veamos algunos de ellos:

2.2.1.1 Los minerales

El análisis mineralógico de varias series de muestras recogidas radialmente en la unidad estratigráfica que más adelante definiremos como Mioceno, al oeste del Cinca, han proporcionado a A. PINILLA (1966, 1968) los argumentos para definir varias provincias petrográficas:

1. *Provincia Norte o Centropirenaica.* Viene caracterizada por la presencia constante de la Epidota, Granate y otros minerales metamórficos derivados de los macizos graníticos y paleozoicos del Pirineo axial. Hacia el O la asociación mineralógica se empobrece, decreciendo la Epidota, pero se mantiene el Granate y aumenta la proporción de Estaurolita, sin llegar a ser dominante ni constante. Esta provincia epidotifera muy probablemente se continúa hacia Cataluña, aunque no se dispone de análisis mineralógicos.

2. *Provincia del Sur del Ebro o Ibérica.* Se caracteriza por la presencia constante de Zircón y Turmalina. Se pueden distinguir las siguientes subprovincias:

- a) Subprovincia del Bajo Aragón (desde Belchite hasta Beceite): Caracterizada por Zircón y Turmalina constantes, además de Rutilo, Granates y Estaurolita (raros: Distena y Andalucita). Falta absolutamente la Epidota.
- b) Subprovincia de Cariñena: Posee constantes Zircón, Turmalina y Rutilo; esporádicos: Granates y Estaurolita; rarísimos: Andalucita, Distena y Epidota
- c) Subprovincia del Moncayo: Encierra Turmalina, Zircón y Rutilo; presencia de Granates y alguna Estaurolita y Epidota; Andalucita y Distena, rarísimas.

De los análisis que presentamos se deduce una sedimentación bilateral: las Cadenas Ibéricas, como área distributiva, proporcionan minerales con asociaciones algo variadas, dominando los minerales estables, algunos minerales metamórficos más bien raros y la ausencia casi total de la Epidota. El Pirineo, como área distributiva, proporciona una asociación dominante de Granate y Epidota que permite distinguirla fácilmente de las asociaciones procedentes del sur. En la parte central [coinciéndiendo con el área antigua central endorreica (el «flat» de los autores americanos)] con aguas estancadas, hay mezcla de asociaciones. Se ha comprobado que los suministros detríticos del Pirineo podían llegar hasta Caspe.

Las asociaciones minerales de las series estratigráficas más bajas (Oligoceno de Peralta, ídem de Navarra) presentan asociaciones muy pobres de minerales, los más estables, especialmente, hacia Navarra.

En cuanto a los minerales ligeros se refiere, el cuarzo es, desde luego, el mineral dominante; sin embargo, los Feldespatos no faltan en la provincia

norte (Plagioclasas), aunque siempre en proporciones muy débiles (0-2 por 100); hacia Cataluña esta proporción aumenta.

En general, los sedimentos del Terciario Continental presentan un «índice de madurez mineral» (Imo =Núm. Min. opacos alterac./Núm. Min. opacos naturales) muy alto; así como el «índice de minerales transparentes» (Imt =% Min. pesados estables — % Min. pesados inestables) también muy altos. Estas características contrastan poderosamente con las asociaciones minerales de los arrastres actuales del Ebro, extraordinariamente ricas en especies minerales, y que proceden indudablemente de la misma área distributiva que los del Terciario.

Por otro lado, tenemos que en la composición de los minerales arcillosos, según A. PINILLA (1966), la especie dominante es la Illita, acompañada de las micas; asociadas a éstas, y especialmente en las facies calcáreas de la provincia petrográfica sur, están la Sepiolita-Attapulgita. Todos los sedimentos son carbonatados, por lo que el material arcilloso puede ser denominado correctamente marga. El porcentaje de carbonatos no desciende nunca del 10 por 100 (oscila entre 10 y el 50 por 100). El pH, por otra parte, y como es previsible, es alcalino entre 7,4 y 8. La salinidad contenida en la fracción margosa es muy elevada, especialmente en las facies centrales de la cuenca. En las margas dominan los cloruros sobre los sulfatos, el Na sobre el K, siendo muy abundante el Mg.

2.2.1.2 *Distribución de las facies litológicas y definición de las formaciones*

En las dos figuras (fig. 1 y fig. 2 A y 2 B) se pueden observar expresadas gráficamente la posición relativa de las facies litológicas de la parte central aragonesa y catalana de la Depresión terciaria del Ebro. Esencialmente se pueden distinguir tres grandes grupos de litofacies.

1. Facies detríticas.
2. Facies calcáreas.
3. Facies evaporíticas, yesíferas.

Las facies detríticas están colocadas marginalmente en la cuenca; junto a los bordes, son conglomerados que pasan lateralmente a depósitos alternantes de margas y areniscas. La zona del Somontano de Huesca, con su prolongación al Urgell, por un lado, y el Bajo Aragón, prolongado hacia el oeste por el Campo de Cariñena, están ocupados por facies fuertemente detríticas. En general, los conglomerados pasan bastante rápidamente a facies más finas. Las areniscas se caracterizan por formar bancos de espesores irregulares, a veces lenticulares, de areniscas de grano silíceo; en las del sur hay abundancia de granos calcáreos en estratificación cruzada. La base de dichas areniscas suele ser irregular, formando paleocanales que, en la zona de Caspe, se individualizan sin llegar a formar capas continuas, apareciendo

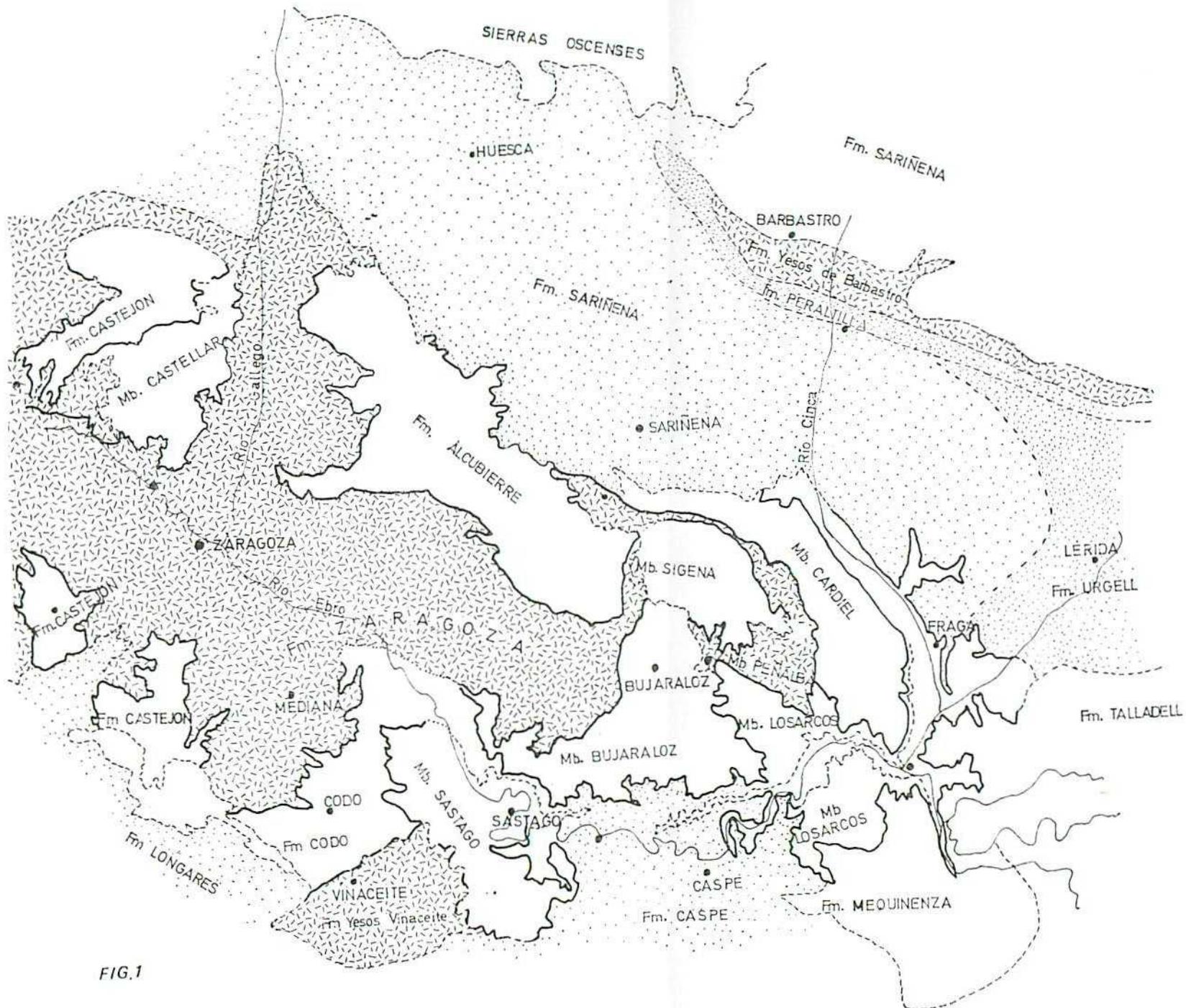


FIG. 1

Fig. 1.—Distribución esquemática de las unidades litoestratigráficas del centro de la Depresión terciaria del Ebro, según QUIRANTES. En punteado: formaciones detriticas. En blanco: formaciones margo-calcáreas. En rayitas: formaciones yesíferas

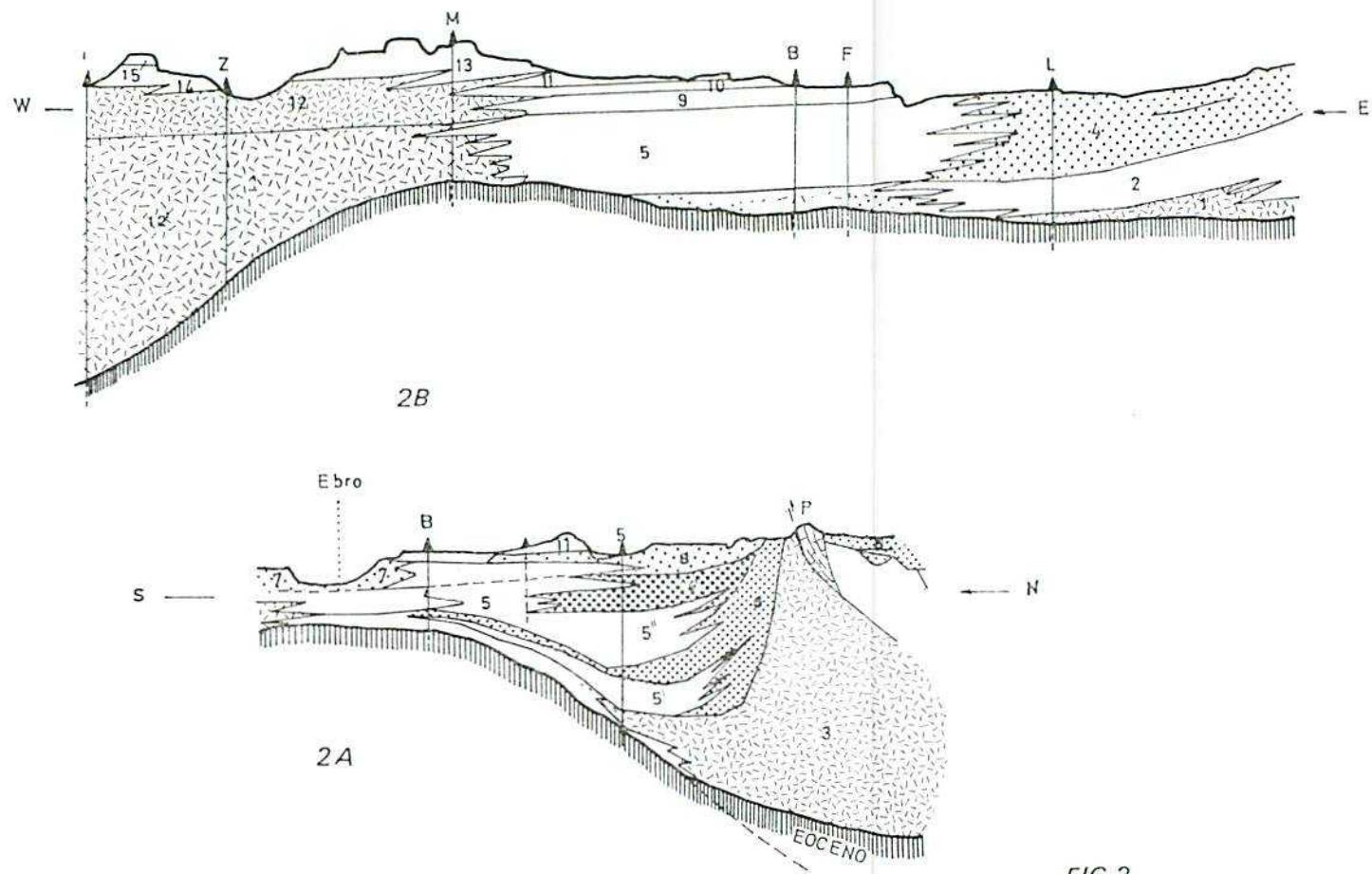


FIG 2

Fig. 2.—Distribución vertical de las unidades litoestratigráficas del centro de la Depresión terciaria del Ebro. En punteado: formaciones detríticas; en blanco: formaciones margo-calcáreas; en rayitas: formaciones yesíferas. T: sondeo Tauste-1; Z: id. Zaragoza-1; M: id. Monegrillo-1; B: id. Ballobar-1; F: id. Fraga-1; L: id. Lérida-1; B: id. Bujaraloz-1; S: Sariñena-1; P: Monasterio de El Pueyo

Unidades litoestratigráficas: 1: Fm. salífera de Cardona (eventualmente evaporitas); 2: Fm. Talladell; 3: Fm. Barbastro; 4: Fm. Urgell; 5: Fm. Mequinenza, con los miembros siguientes: 5': Mb. Guatizalema; 5'': Mb. Flumen; 6: Fm. Peralta; 6': Mb. Cinca; 7: Fm. Caspe; 8: Fm. Sariñena. Fm. Alcubierre, con los miembros siguientes: 9: Mb. Cardiel; 10: Mb. Peñalba; 11: Mb. Sigüenza; 13: Mb. Alcubierre; 14: Mb. Castellar; 15: Mb. Castejón; 12: Fm. Zaragoza. El límite oligo-mioceno se coloca en el techo de la Fm. Mequinenza. Escala vertical muy realizada.

en superficie como cuerpos rocosos de areniscas serpenteantes, exhumados por la erosión actual. La estratificación en los paleocanales es cruzada, del tipo «trough» («Pi cross-stratification», de ALLEN).

Otra formación eminentemente detrítica es la que bordea por el sur los yesos del anticlinal de Barbastro-Balaguer. Se trata de bancos lenticulares de areniscas rojas y margas rojizas, colocadas directamente sobre los yesos del núcleo anticlinal.

Particular atención merecen las «arenitas yesíferas» o «gipsarenitas», descritas por primera vez en nuestro país por QUIRANTES Y MARTINEZ GARCIA (1966); se trata de arena silícea, con algunos granos calcáreos y yesíferos, cementada por yeso en grandes cristales. Se forman allí donde los aportes detríticos alcanzan la zona de evaporitas. En otros lugares el paso gradual a granulometría fina da lugar a facies totalmente o casi arcillosas, como ocurre en la formación de los alrededores de Codo.

El color de los terrenos arcillosos puede ser rojizo, como es el caso de los materiales depositados en el pie de la Ibérica, en el Campo de Cariñena, zona de Codo, y la banda detrítica de Peralta (Formación Peralta). Otras veces es de color amarillento o pardo claro-gris, como es el caso de los materiales detríticos del Somontano de Huesca, Cariñena, Llano de Urgell y todo el Bajo Aragón (zona de Alcañiz). Las arcillas intercaladas en las formaciones calcáreas suelen ser de tonos rojizos (cuesta de Fraga). Finalmente, allí donde hay formaciones yesíferas relacionadas con las arcillas éstas se tornan grises o, a veces, mantienen un color pardo-rojizo achocolatado.

Las facies calcáreas. Constituidas por calizas lacustres, en bancos más o menos potentes (0,2 a 2 m.), se hallan asociadas a margas, areniscas calcáreas y a lignitos; en las zonas de paso lateral de facies, también lo están a yesos y a silex.

Texturalmente, las calizas lagunares del Terciario Continental del Ebro, según QUIRANTES (1966, 1969), son dominanteamente del tipo micrita, aunque en general no son puras; generalmente engloban algo de limo y arena fina de cuarzo, pirita limonitzada, raros intraclastos, pseudoolitos; hay micritas fosilíferas, biomicritas de algas, etc. Señalemos finalmente los depósitos calcáreos pulverulentos, blancos, masivos, que se depositaron por debajo de las calizas que coronan las mesas de La Plana, Montes de Castejón, La Muela, etc., y que, por diagénesis parcial, evolucionan a calizas coherentes; el tránsito de un tipo a otro de roca es irregular.

Asociados con las calizas lacustres tenemos los lignitos, bastante extendidos en las diversas formaciones calcáreas de la depresión y explotados en Mequinenza, Fayón y Almatret, a los cuales QUIRANTES les dedica un interesante capítulo y estudio detallado. Las cenizas y restos carbonosos dan yeso secundario, material ferruginoso y a veces halita. Hay en los lignitos un enriquecimiento en Uranio y Renio, según estudio del mencionado autor con E. MARTINEZ GARCIA; la relación U/Re (10^{-2}) se mantiene próxima a 0,4.

Las facies yesíferas se originaron en lagunas endorreicas de tipo sebja, los yesos van asociados a las margas y depósitos de halita, y más raramente a thenardita, epsomita, etc., y abundantes materiales carbonatados. Los yesos se han formado según procesos bastante variados: por concentración de aguas madre, sin llegar acaso a la evaporación total; por exudación de aguas residuales en terrenos porosos y permeables; por destrucción de depósitos evaporíticos o separación mecánica (oleaje, viento) de lodos yesíferos, de arenas y limos yesíferos, etc. De acuerdo con su estructura y origen, QUIRANTES (1969) establece una original clasificación de los yesos.

Aunque no se haya realizado un estudio sistemático de los yesos, desde luego, genéticamente, hay yesos que se han formado en el seno de las lagunas terciarias, pero hay otros, como esas cortezas de exudación tan frecuentes, los yesos en crisantemo, etc., que son indudablemente formaciones perilagunares; al igual como ocurre con las arenas y limos eólicos yesíferos, estudiados por A. TORRAS (1966, 1968), que se han originado por una intensa acción eólica como la que actualmente tiene lugar en los chotts norteafricanos y en el propio Valle del Ebro. Desde luego, la formación yesífera de Vinaceite, situada en una posición totalmente periférica y anómala, por la estructura revela que los yesos son limos y arenas yesíferas terciarias. Anotemos finalmente que se han encontrado siempre asociadas las formaciones de limos yesíferos con los bolos, a veces enormes, de alabastro (por ejemplo, los que se explotan en Mediana) y que consideramos es un desarrollo diagénético cementante y centrifugo en el seno de dichos limos.

La cartografía litológica de la zona central de la Depresión del Ebro ha permitido a J. QUIRANTES (1969) la definición de un conjunto de formaciones cuya posición estratigráfica queda aclarada en las figuras 1 y 2, y que agrupamos en formaciones yesíferas, calcáreas y detríticas.

La formación más baja, estratigráficamente hablando, es la *Formación yesos de Barbastro*, que aparece en el núcleo del anticlinal de Barbastro-Balaguer. Son yesos masivos, recristalizados, que se han encajado diapíricamente en el núcleo de dicho anticlinal y que descansa sobre las margas eocénas. Dicha formación está recubierta en concordancia por la *Formación Arenas rojas de Peraltilla*, potente conjunto de margas y areniscas rojas, fuertemente inclinadas hacia el S-SO. Sobre éstas descansan otras areniscas: la *Formación de arenas de Sariñena*, que se apoyan en discordancia angular sobre las dos precedentes. Se caracterizan por sus tonalidades pardamarillentas y por englobar conglomerados finos, silíceos, con elementos procedentes del Carbonífero pirenaico. La *Formación de areniscas de Urgell* se intercala entre la de Sariñena y la de Peraltilla, y aflora en una vasta zona drenada por el Segre; la Formación Peraltilla hacia el S pasa lateralmente a la Formación Mequinenza, al igual que la Formación Urgell. La Formación Sariñena se indenta hacia el S con las formaciones Cardiel y Peñalba. A su vez, la Formación Urgell se apoya en concordancia sobre una formación

CUADRO I

CUADRO II

— S —

Formación Alcubierre (Miembro Castejón)
 Miembro Sigena
 Miembro Sigena
 Miembro BUJARALOZ — — — — Miembro Peñalba
Formación Caspe — — Miembro BUJARALOZ — — Miembro Cardiel *Formación Sariñena*
 Límite Oligo-Mioceno ——————

Formación Peralta
 Formación ZARAGOZA — — — Formación Mequinenza — — — Miembro Flumen
 Formación Peralta
 Miembro Guatizalema
 Formación YESOS DE BARBASTRO

En mayúsculas: formaciones evaporíticas; en cursiva: formaciones detríticas; en redondo: formaciones calcáreas.

calcárea más antigua y que se extiende por el flanco meridional de la Depresión central Catalana (zonas de calizas de Vicfred, Cervera, Tárrega, etc.), que aparecen a la derecha de la figura 2 B; se trata de la *Formación calizas del Talladell*. Hacia el O la Formación Urgell pasa a la *Formación calizas de Mequinenza*.

En la parte aragonesa, las facies calcáreas quedan englobadas en dos formaciones que se superponen: la *Formación de calizas de Mequinenza* y la *Formación de calizas de Alcubierre*. La primera se relaciona lateralmente con las *Formaciones Urgell* y *Peralta*, y hacia el S pasa a su vez a la *Formación de yesos de Zaragoza*. Superpuesta a ésta tenemos la *Formación de Alcubierre*, con una serie de Miembros colocados escalonadamente a lo largo de la cuesta morfológica que va de Fraga a Monegrillo: *Miembro Cardiel*, *Miembro Peñalba*, *Miembro Sigüenza*, *Miembro Castellar*, *Miembro Castejón*. Los Miembros de Alcubierre y de Castejón son los mismos, por lo que proponemos suprimir el nombre del primero como miembro, pues constituyen las calizas culminantes de la serie terciaria, tanto a un lado como a otro del río Ebro. El *Miembro Castellar* hay que mantenerlo y tiene poca extensión.

Como ya se ha indicado, las formaciones calcáreas de Mequinenza y Alcubierre pasan lateralmente a los yesos de la *Formación de yesos de Zaragoza*, que ocupa toda la parte central de los Monegros y campo de Zaragoza. Hacia el oeste aumentan mucho de potencia esos yesos. Hacia el sur, los yesos de Zaragoza pasan a la *Formación de Longares*, fuera de la Hoja n.º 33, a las *Formaciones Codo*, *Bujaraloz* y a la *Caspe*, caracterizada esta última por los paleocanales.

2.2.2 Cronoestratigrafía

La tarea de establecer unos límites de separación entre sistemas y pisos es algo extraordinariamente delicado y aventurado. Hay muy pocos apoyos paleontológicos a los que se puedan referir los límites que proponemos. Estos no se pueden basar en ningún argumento litológico, como hasta ahora se ha venido haciendo. El límite oligo-mioceno que presentan las cartografías al 1:1.000.000 y 1:200.000 de los conjuntos provinciales de Huesca y Lérida no se ajusta a los recientes descubrimientos paleontológicos. Por otro lado se requiere, para realizar el trazado de los límites, disponer de un mapa de líneas fotogeológicas con valor de isócronas y un estudio detallado de la estructura de la Depresión del Ebro.

Los apoyos paleontológicos conocidos hasta el presente hay que basarlos en los yacimientos de vertebrados siguientes:

1. *Remolinos* (minas de sal). Edad Burdigaliense Superior-Vindoboniense Inferior, está fuera de la Hoja (LLAMAS, 1959).

2. *Monteagudo* (Navarra). Edad Vindoboniense (RUIZ DE GAONA, VILLALTA y CRUSAFONT, 1964) (ver CRUSAFONT, TRUYOLS y RIBA, 1966).
3. *Tudela I y Tudela II*. Respectivamente, de edad Burdigaliense y Aquitaniense (ver CRUSAFONT, TRUYOLS y RIBA, 1966).
4. *Santa Cilia* (río Formiga, al NO de Barbastro). Edad Aquitaniense (ver CRUSAFONT, RIBA y VILLENA, 1966).
5. *Ayerbe*. Dos localidades y otra entre *Esquedas* y *Plasencia del Monte* (Hu.). Edad Aquitaniense (CRUSAFONT y PONS, 1969).
6. *Tárrega*. Yacimiento de *El Talladell*, descubierto por VIDAL y DEPERET (1906) y revisado por TRUYOLS y CRUSAFONT (1961). Edad Stampiense, muy probable.
7. *Calaf*. Minas de Lignito. También citado por VIDAL y DEPERET (1906), y revisado por CRUSAFONT y TRUYOLS (1964). Edad: Sannoisiense.
8. *La Granja d'Escarp*. Citado por VIDAL y DEPERET como el anterior, pero de edad discutible que debería revisarse; para dichos autores es de edad Oligoceno Inferior, al igual que Mequinenza y Fayón.
9. *Almatret*. Pertenece a la cuenca lignitífera. VIDAL y DEPERET (1906) citan un *Trionyx* que lo atribuyen al Oligoceno Inferior y lo correlacionan con los lignitos de Calaf; criterio que siguen SAMPELAYO y BATALLER (1944) al revisar dicho fósil como *Trionyx marini*, nov. sp.

Como puede verse, salvo los dos últimos yacimientos de vertebrados fósiles, se hallan fuera del marco de la Hoja núm. 33. Las correlaciones y la propuesta de establecimiento de límites es preciso realizarlas en el marco de la cuenca sedimentaria.

Se ha observado que el Aquitaniense, tanto en Navarra y Alhama de Aragón (Cetina), como en Santa Cilia (Panzano), se sitúa en la parte basal de una serie miocena y en discordancia sobre terrenos más antiguos. En Santa Cilia se halla en margas y areniscas discordantes sobre la *Formación de Peraltilla* y los yesos de Barbastro. Intentando la correlación de Santa Cilia hacia el sur, tenemos que en Albalate del Arzobispo y Urrea de Gaén y en las inmediaciones de Puig Moreno, la Formación de Caspe descansa en discordancia angular sobre un Terciario más antiguo y deformado. En Puig Moreno la formación antigua, roja y con calizas lacustres, contiene *Microcodium*, lo cual nos lleva a un Eoceno. CANEROT (1969) señala en los alrededores de Andorra y Oliete una formación de facies muy parecida a la de Puig Moreno, con *Vidaliella gerundensis* (VIDAL), que permite atribuirla al Eoceno. Por tanto, tenemos una serie paleógena y el límite Oligo-Mioceno podría proponerse en la prolongación hacia el centro del plano de discordancia. Esto es lo que se propone en la presente Hoja y las vecinas. Hasta el Cinca, en Fraga, no encierra dificultades el seguimiento de una isócrona; la mayor dificultad está en la zona de Almacelles, porque se trata de un área muy recubierta por mantos de gravas cuaternarias.

Más al NO de Tamarite tampoco tiene dificultades la delimitación, pues se propone situar dicho límite en el contacto de las formaciones de Peraltilla con la de Sarriñena.

Con la otra isócrona se ha pretendido separar un «Mioceno alto» de un «Mioceno bajo»; naturalmente lo que falta en el centro del Ebro son yacimientos de vertebrados que permitan establecer una separación más ajustada. La comparación con la cubeta de Calatayud-Montalbán (ver Hoja número 40) puede suministrar algunas ideas sobre la estratigrafía del Ebro. Allá la separación Oligo-Miocena también se basa en una discordancia.

Sin aducir argumentos, la Formación de yesos de Barbastro sería del Eoceno Superior y Oligoceno Inferior. La formación de areniscas rojas de Peraltilla sería del Oligoceno Superior y correlativa de la Formación de Urgell.

2.2.3 El Substrato del Terciario Continental

Gracias a un buen número de sondeos realizados en el ámbito de esta Hoja y en zonas vecinas (ver RIOS, 1958-1963; ALMELA y RIOS, 1960-1962) se ha conseguido saber que el substrato del Terciario Continental no es el Paleozoico, sino una serie mesozoica plegada. El contacto directo Terciario-Paleozoico quizás sólo se realice en una reducida área, por lo menos en los alrededores de Puig Moreno. Esto está aún por demostrar. Con cierto retraso, PERCONIG (1968) hace consideraciones similares.

Según estos resultados, tenemos que el contacto es diferente de norte a sur. Por el lado norte (sondeos de Monzón, etc.) los yesos de la Formación de Barbastro descansan, como en Cataluña lo hace la formación salina potásica, sobre el Eoceno Marino. Pero éste se acuña y desaparece hacia el sur. De modo que en este sector hay concordancia. Más hacia el sur, en la zona propiamente de Monegros, el contacto es discordante, una discordancia finerosiva (es decir, limitada por una superficie plana de erosión); el Oligoceno de la Formación Peraltilla, e incluso otras más altas, descansan en discordancia sobre el Mesozoico plegado. Más al sur aún la discordancia se mantiene, pero pasa a ser intraerosiva, es decir, el Terciario continental fosiliza un relieve labrado sobre el Mesozoico (Jurásico) plegado.

La posición en el espacio de la superficie de esta discordancia, que nos viene avalada por los sondeos, se presenta inclinada hacia el norte, originando grandes potencias en el flanco pirenaico y un desarrollo completo de la serie terciaria. Dicha superficie sube a pocos centenares de metros por debajo del sondeo de Monegrillo-1, donde existe un alto tanto de N a S como de E a O. Esto se aprecia en las figuras 2A y 2B. Una cuenca subsidente con espesores de evaporitas se abre de Monegrillo hacia Za-

ragoza y Tauste. En Navarra se sabe que el Terciario tiene potencias superiores a los 4 km.

2.3 EL CUATERNARIO

Las *terrazas* del Ebro y sus tributarios pertenecen a la categoría de *terrazas-glacis* (según BOMER, 1957). Es decir, una *terraza* «stricto sensu», formada por desplazamientos laterales del río durante una fase de estabilidad, revestida por un manto de graveras poligénicas de origen longitudinal, o sea, procedentes de la cabecera del río. Mientras que los *glacis* son extensos planos inclinados (también llamados «rampas» por algunos autores españoles) hacia el río, constituyendo un tipo especial de ladera elaborada en materiales relativamente blandos. En nuestro caso son las margas y demás materiales terciarios. Dichos *glacis* se encuentran revestidos por gravas monogénicas de procedencia local y lateral. Según el mencionado autor y MENSUA (1964), los *glacis* se desarrollaron bajo condiciones climáticas semiáridas y frías, con regresión de la vegetación y escorrentía de carácter espasmódico que dio lugar a mantos difusos. La fase de incisión tiene lugar en período cálido, con precipitaciones abundantes en régimen regular, vegetación que cubre las vertientes y retiene los suelos; la escorrentía va encauzada y la capacidad de transporte de los ríos excede la carga material; con esto la erosión lineal es acusada y la red fluvial se encaja en los aluvionamientos realizados en la fase precedente.

Generalmente, cada *terraza* transversalmente plana enlaza lateralmente con un *glacis*, sin solución de continuidad. Las *terrazas* inferiores están encajadas en las más altas y antiguas: lo cual puede llevar consigo, en determinados casos, a verdaderas inversiones del relieve (son los «sasos» de la Depresión del Ebro). El reconocimiento de un depósito de *terraza* o el de un *glacis* se realiza, de acuerdo con lo indicado, teniendo en cuenta la naturaleza poligénica o monogénica de las gravas; por el redondeamiento o desgaste, etc. Sin embargo, hay que tener en cuenta que muchas veces en las *terrazas* y *glacis* recientes, los materiales proceden, por haber sido retrabajados, de niveles superiores más antiguos. Es muy frecuente, asimismo, que las gravas de origen longitudinal estén recubiertas en el Ebro por aportes laterales de los *glacis*.

BOMER (1957) reconoce en Zaragoza (Gállego) un sistema de cuatro *terrazas-glacis*; SOLE SABARIS (1953) también reconoce en los valles del Segre-Ribagorzana cuatro *terrazas* colocadas bajo la *terraza* de piedemonte:

Gállego-Ebro
(BOMER, 1957)

Ribagorza-Segre
(SOLE SABARIS, 1953)

Piedemonte — — — — —

T-4 75-80 m.

niv. I 80-85 m.

T-3 40 m.

II 55-60 m.

T-2 15-18 m.

III 15-20 m.

T-1 6-8 m.

IV 3-8 m.

A estos depósitos podríamos añadir los mantos aluviales recientes de los ríos. En el Ebro, zona próxima a Zaragoza, la terraza de inundación está encajada en la terraza baja. Este hecho, desde el punto de vista hidrogeológico, tiene gran trascendencia para la captación de aguas.

Al pie de las primeras estribaciones de los Pirineos, allí donde los principales troncos fluviales irrumpían en la Depresión del Ebro, con sus materiales tiernos, se formó un extenso depósito detrítico de piedemonte en forma de manto, del tipo de los Deckenschotter subalpinos, que corona la llanura y sostiene las plataformas interfluviales que separan los cursos del Segre, Cinca y Noguera Ribagorza, a unos 120 ó 130 metros sobre el nivel del río, detalladamente descrito por SOLE SABARIS (1953), y SOLE SABARIS y FONT (1929). Depósitos de piedemonte también han sido descritos por BOMER (1957) en el Somontano de Huesca. Retazos de estos niveles detríticos, a veces recubiertos por una potente corteza de caliche, se encuentran en El Tormillo y otros «sasos» más occidentales. Es posible que este depósito de piedemonte sea de edad Villafranquense; aunque no haya pruebas paleontológicas se pueden referir a depósitos análogos, como los de Villarroya (Logroño), y la Puebla de Valverde (Teruel), que han proporcionado fauna de aquella edad. Los niveles de terrazas inferiores aún no hay argumentos para una datación, y habrá que referirlas a las distintas fases climáticas cuaternarias.

Tanto las terrazas como los glacis suelen estar revestidos, sobre todo en la zona central de la Depresión (Monegros), de *limos eólicos*, muchas veces de naturaleza yesífera. Se trata del producto de la deflación actual y antigua del polvo salino que se forma en las zonas más áridas, especialmente yesíferas (Formación Zaragoza, Formación Bujaraloz). Otras veces se trata de limos silíceos o mezclados con los yesíferos, puros, si son eólicos; retrabajados por las aguas de arroyada en muchos otros casos. Estos limos han sido estudiados por A. TORRAS (1968, y Ts. doct. in litt.). Los limos yesíferos son muy importantes en todas aquellas áreas en que los yesos están al desnudo (Formación Zaragoza, Formación Bujaraloz). Suelen revestir el fondo de todos los arroyos (en esta parte de Aragón los llaman «vales», en femenino). Estas «vales» forman una red muy jerarquizada y apretada (parte SO de la Hoja), con laderas muy inclinadas y el fondo plano, debido al relleno de limos yesíferos mezclados con bloques

de calizas y yesos. Se trata de materiales muy porosos que apenas son atacados por la erosión lineal, pues las aguas se sumen rápidamente para circular subterráneamente por el contacto con el sustrato, a la vez que se contaminan hasta llegar a la imposibilidad en la mayoría de los casos. J. R. LLAMAS (1962), ha dedicado recientemente una monografía a estos materiales limosos tan perjudiciales para el asentamiento de las obras públicas. Las «vales» suelen desembocar en el Ebro y demás afluentes principales formando amplios abanicos o *conos de deyección*.

QUIRANTES (1969), distingue varios tipos de glacis, de acuerdo con su composición petrográfica: glacis arcillosos; glacis en terrenos yesíferos; glacis con cortezas calcáreas y los glacis normales.

Aunque el drenaje al mar se ha impuesto en la casi totalidad del Valle del Ebro, persisten algunas zonas realmente endorreicas, formándose en la parte más deprimida lagunas con aguas permanentes o temporales. QUIRANTES (1965), dedica una interesante monografía a las lagunas de endorreicas por disolución (unas dolinas muy particulares) excavadas en una laja calcárea que recubre un banco de yesos terciarios. Un sistema de diaclasas entreabiertas favorece la alimentación hídrica de las lagunas y su evolución. En dichas lagunas, actualmente se forman y depositan sales solubles: la halita en verano; la mirabilita en invierno. Los lodos negros generan cristales de yeso al oxidarse.

3 TECTONICA Y EVOLUCION GEOLOGICA

3.1 TECTONICA. REGION DE OS DE BALAGUER

La región de Os de Balaguer, según J. E. COMA (1960), se sitúa en la parte más meridional de las Sierras Exteriores Prepirenaicas. La forman «a grosso modo», las prolongaciones de los anticlinales de Millá y Canelles y los sinclinales de Camporroy y de Os de Balaguer. Hacia el S estas alineaciones aumentan en complejidad a medida que nos acercamos al Macizo del Ebro, hasta desaparecer bajo los recubrimientos oligocenos del Valle del Ebro.

El tipo de plegamiento que reina en esta región es alpino, aunque no en su forma más clásica; sin embargo, presenta diferencias con la tectónica del tipo Jura. No son pliegues claramente de cobertura. Representan un grado intermedio entre los plegamientos del tipo Jura y los alpinos violentos. El estado de debilidad que representa la proximidad del borde del Macizo del Ebro y del Umbral Alto Aragonés, y la existencia del Triás, han tenido gran importancia en la tectónica de la región.

En la parte meridional, al S del Sinclinal de Os de Balaguer, se encuen-

tran algunas estructuras de dirección aproximada N-S, de rumbo distinto al general de las sierras. Estas estructuras aparecen marginadas por el Keuper, cuya plasticidad es la causa de estos arrumbamientos anormales. Serían debidos a tectónica salífera.

Considerando en conjunto la región y comparando el gran espesor de sedimentos secundarios y terciarios de la zona de Tremp y Montsec, más de 3.000 m. solamente la serie Keuper-caliza de alveolinas inmediatamente al N de esta sierra, y menos de 500 en el borde meridional de la región de Os de Balaguer, se comprende, por isostasia, de acuerdo con LACHMAN y ARRHENIUS, la salida diapírica del Keuper en los bordes de la cuenca, donde los espesores han adelgazado, en pocos kilómetros, considerablemente. Este puede ser el origen de la extensa zona triásica que se extiende en la parte SE de la región. El Keuper, presionado por el peso de los grandes sedimentos que tenía al norte y recubierto por una pequeña cobertura, surge diapíricamente, dando lugar a una zona que se ha elevado como un horst típico.

Es indudable que muchas estructuras diapíricas de esta zona están íntimamente relacionadas con los movimientos orogénicos regionales, apareciendo en estructuras creadas por empujes tangenciales, según la teoría de STILLE. Tal es el caso, entre otros, del anticlinal de Canelles, que es del tipo perforante. En cuanto al existente en la zona de Camporrells, no tan claro como el anterior, pertenece, no obstante, también al tipo de diapiros de pliegues. Posiblemente la génesis completa de esta estructura se puede explicar con una mezcla de ambas teorías: la de LACHMAN y la de STILLE.

En esta región de las sierras subpirenaicas, donde han ocurrido grandes trastornos tectónicos y erosiones de importancia, nunca aflora un terreno inferior al Trías. Ello hace suponer que sobre dicho Trías existe un gran manto de corrimiento de despegue y que la plasticidad de esta formación haya contribuido a aprovechar los empujes tectónicos para llenar los posibles desgastes sufridos por la erosión.

A la movilidad del Trías se puede atribuir la prolongación de los movimientos tectónicos en el tiempo, más allá de la que los empujes pirenaicos o intraoligocenos hubieran determinado, siendo éste un motivo de dificultad para encasillar las orogenias en una fase determinada.

3.2 EVOLUCION GEOLOGICA DURANTE EL MESOZOICO

Como sobre la vertiente norte de los Pirineos la glyptogénesis permotriásica, marcada por las areniscas rojas, ha sido seguida sobre la vertiente sur por una sedimentación fina que acusa, por ciertos hechos, un clima árido: las evaporitas, yeso y sal gema acompañan siempre a las arcillas, calizas dolomíticas o las carniolas en el Trías Superior de tipo germánico.

En el Lías Inferior el aporte arcilloso disminuye, pero las rocas que se forman, carbonatadas y a menudo dolomíticas y sin fósiles, recuerdan aún el medio de sedimentación triásico.

El régimen marino se afirma en el Lías Superior con el depósito de margas arenosas, siempre fosilíferas. Las condiciones de débil profundidad se establecen de nuevo en el Jurásico Medio y Superior, que depositan sobre el área de sedimentación del Lías Superior una serie uniforme de dolomías negras y fétidas. En la región de Os de Balaguer, el Dogger solamente aflora limitando en su parte norte al Trías de Avellanes, desapareciendo hacia el O completamente. El Malm falta totalmente, al igual que toda la serie cretácica inferior, Neocomiense-Barremiense, aunque en la región vecina de Isona (Hoja núm. 24) se ha encontrado un nivel de calizas litográficas del tipo de las de Solenhoffen, y que como allí, contienen abundantes restos fósiles, muy bien conservados, que se atribuyen al Portlandés.

En la región de Os de Balaguer, esta laguna estratigráfica se atribuye, siguiendo a MISCH, a una emersión al final del Dogger, quedando al menos estas zonas más meridionales sometidas a un clima de tipo intertropical generador de costras bauxíticas o ferruginosas observadas al techo de las dolomías en la región de Artesa del Segre.

Es durante el Aptense basal, y quizás niveles más inferiores, cuando el mar invade la zona prepirenaica después de un largo período de emersión correspondiente al Malm. La uniformidad de facies calcárea (posiblemente de poca profundidad), la carencia de niveles margosos, la falta de faunas características y el que no existan en los bordes de esta formación caliza niveles detríticos, no permite delimitar con absoluta exactitud el trazado de las costras durante este período. No obstante, dada la falta actual de sedimentos en los sectores oriental (Gerona), occidental (Alto Aragón), meridional (Montsec) y septentrional (Zona Axial), induce a creer en la existencia de una serie de umbrales, situándose el máximo espesor de sedimentos en el sector N del Valle del Segre. Cabría localizar estos umbrales o geanticlinales en los siguientes sectores: el septentrional, correspondiente a la zona axial o central; el meridional, al de la Sierra del Montsec y los situados al S de la misma; el oriental correspondería al umbral del Ampurdán y el occidental al Alto Aragón.

Este tipo de cuenca de sedimentación permanecería prácticamente estática durante el Aptense Medio-Superior y el Albense, extendiéndose quizás un poco más hacia el E que durante la sedimentación del tramo calizo inferior, así como hacia el S, ya que en la Sierra del Montsec evolucionaría hacia un régimen lacustre, donde se deposita gran cantidad de materia orgánica.

En el Montsec, el Aptense presenta un espesor máximo de 200 m. Más hacia el S, ni MISCH, ALMELA Y RIOS, señalan la existencia del Aptense. No obstante, en unas calizas arenosas del flanco S del sinclinal de Os de

Balaguer, inmediatamente debajo del Santonense, se ha encontrado *Toucasia carinata* Math., que los datan como Aptense. Esto indica que el Aptense, aunque con muy escasa potencia, llegó más al S de lo que hasta ahora se había considerado.

Durante el Cenomanense, el umbral o geanticlinal ampurdanés evoluciona hacia el O hasta las inmediaciones del Valle del Segre. Es a partir de este valle cuando se va encontrando mayor espesor de sedimentos, lo que indica la presencia de un surco en la zona limítrofe entre las provincias de Lérida y Huesca, para ir debilitándose paulatinamente de nuevo su espesor hasta chocar con el umbral aragonés. Su límite N lo constituiría, asimismo, probablemente la zona axial, y el S la zona correspondiente a la Sierra del Montsec.

Durante el Senonense la cuenca de sedimentación, por lo menos en sus tramos inferiores, alcanzaba límites más amplios que en los niveles infrayacentes. Por el E el mar alcanza mayor magnitud, desplazándose así de nuevo el umbral ampurdanés. Por el O, probablemente enlazaba con la Cordillera Cantábrica. Su límite N lo constituirá el geanticlinal Central y el S el umbral situado en el límite meridional de las Sierras Exteriores, junto al denominado Macizo del Ebro; pues es aquí, como lo demuestra la serie observada en el anticlinal de Canelles, en donde el Santonense posee una facies de tipo costero con abundancia de niveles arenosos en los que alternan probablemente capas continentales con marinas, indicio indudable de la proximidad de la costa.

En el Senonense Superior la cuenca se extiende aún más hacia el E y hacia el O, queda enlazada con la Cordillera Cantábrica, tal como ocurría en el Senonense Inferior. Cabe destacar aquí que los materiales detriticos correspondientes a este nivel se sitúan preferentemente en el sector oriental y septentrional, lo que induce a creer que el centro de la cubeta se situaba mucho más al S que en los casos anteriores, a excepción quizás del Turonense, cuyo máximo espesor se encontraba en las Sierras Exteriores. De lo que se puede deducir un avance progresivo de los ejes de las cuencas sedimentarias en cada uno de los niveles cretácicos hacia sectores más meridionales, hasta producirse la emersión total del relieve durante el Garumense, momento durante el cual se depositaron sedimentos de facies continental.

3.3 TECTONICA Y EVOLUCION DURANTE EL TERCARIO

La tectónica y la evolución que ha sufrido la Depresión terciaria del Ebro ha estado presidida por el desarrollo geológico de los macizos montañosos vecinos; la sedimentación de la cubeta terciaria la ha registrado en su composición, en sus pasos laterales de facies y en sus discordancias internas.

Un perfil norte-sur Monzón-Bujaraloz es muy expresivo (fig. 2A). Se ob-

serva en primer lugar que el sustrato del Terciario Continental, como ya se ha indicado en el capítulo anterior, desciende de los 450-500 m. (referidos al nivel del mar) por debajo de Monegrillo y Bujaraloz, a los 2.500 m. poco al norte de Monzón. Es decir, ha habido una acusada subsidencia diferencial con hundimiento del reborde pirenaico de la cubeta sedimentaria. Esto permitió el depósito, subsiguiente a la sedimentación eocena, de la potente formación de yesos de Barbastro-Balaguer. Estas evaporitas, en las que domina el yeso (se ha encontrado, asimismo, halita), han sido recubiertas por una masa de sedimentos detriticos (la Formación de Peralta) oligocénicos y por varias lenguas calcáreas de la Formación Mequinenza; y, finalmente, por los depósitos de areniscas y margas amarillentas de la Formación Sariñena. La carga de sedimentos que se apoyaba sobre la sal, asistida por los empujes de deslizamiento del bloque de las Nogueras hacia el sur, provocó el plegamiento en anticlinal de los yesos de la Formación Barbastro.

El anticlinal de Barbastro merece atención especial. Las investigaciones realizadas demuestran que la base de la formación de yesos ha permanecido pasiva, sin plegarse (com. verb. de L. PELACHO, de ENPASA); es decir, se trata de una estructura anticlinal de fondo plano, de la misma naturaleza que las que se encuentran en Cataluña (anticlinales de Cardona, Súria, Ponts) y en Navarra (anticlinales de Marcilla, Arguedas, etc.). Son las estructuras que RIOS califica de «semi-diapiricas». Por otra parte, el anticlinal de Barbastro tiene el flanco norte fallado. Así lo demuestran las dos escamas de calizas cretácicas y eocenas del Pueyo de Barbastro, pinzadas indudablemente por un empuje dirigido hacia el sur y cabalgando los yesos oligocenos. El Aquitaniense de la Formación Sariñena solapa en discordancia angular tanto los yesos, como la Formación Peralta, y se extiende al norte de dicho anticlinal ocultando, en parte, el bloque levantado de esta falla maestra. Este importante accidente es, a nuestro parecer (RIBA), una falla cabalgante, tal vez el frente de un corrimiento hacia el sur del supuesto manto de Las Nogueras, de acuerdo con SEGURET. El anticlinal de Barbastro-Balaguer sigue paralelo por las cercanías de Tamarite y Alfarrás. Sorprende la falta de conglomerados marginales en esta parte de la Depresión del Ebro.

A finales del Oligoceno y principios del Mioceno, el surco sedimentario de la Depresión del Ebro fue desplazándose progresivamente hacia el sur, para ocupar el eje actual de la Depresión, recorrido por el Ebro medio; la zona de sedimentación de evaporitas se desplazó en igual sentido.

La parte centro-meridional de la Hoja, ocupada por los terrenos Miocenos, no puede decirse que constituye un conjunto tabular y plano como corresponde al Mioceno post-orogénico. De acuerdo con J. QUIRANTES (1969), existen plegamientos muy suaves de gran radio y pendientes inferiores a los tres grados que tal vez no sea admisible llamarlos plegamientos

en el sentido que se les da de ordinario. Son deformaciones «póstumas» de edad post-miocénica, reajustes del sustrato, tal vez fenómenos de asentamiento de las formaciones terciarias... De acuerdo con el mapa morfoestructural de QUIRANTES, podemos señalar los ejes de orden mayor siguientes:

- Sinclinal del Ebro: sigue prácticamente el curso del Ebro, y remonta el Segre.
- Anticlinal de Alcubierre: sigue aproximadamente los relieves calcáreos de la Sierra de Alcubierre.
- Sinclinal de Ballobar-Alcubierre: dirigido de O-NO a E-SE entre ambas poblaciones.
- Anticlinal de la Almolda: afecta a la Sierra de Santa Quiteria.
- Sinclinal de Monzón: dirigido de O a E pasa por esta población.
- Flexura de El Tormillo.
- Sinclinal Osera-Sierra de Sigüena.

Durante el Cuaternario se han producido deformaciones por movimiento de yesos que han afectado a las terrazas cuaternarias. Las más notables son las descritas por SOLE SABARIS (1953) en el eje del anticlinal de Balaguer: la terraza de piedemonte, en Castelló de Farfanya presenta una deformación «anticlinal» de más de 120 m. con respecto a las zonas circundantes. La edad de esta deformación, que afecta igualmente a las terrazas altas de la Noguera y Segre, sería intracuaternaria.

4 BIBLIOGRAFIA

- ALASTRUE, E. (1953).—«Bibliografía geológica de la provincia de Zaragoza». *Rev. Ac. Cienc. de Zaragoza*, Serie 2, t. 8, fasc. 1, pp. 59-85. Zaragoza.
- (1954).—«Las formaciones del Terciario continental entre Egea de los Caballeros y Tauste (Zaragoza)». *Not. y Com. del IGME*, núm. 38, pp. 71-80.
- ALASTRUE, E.; ALMELA, A., y RIOS, J. M. (1957).—«Explicación del Mapa Geológico de la provincia de Huesca». *Inst. Geol. y Min. de Esp.*, 253 pp., 3 láms., 49 figs., Madrid.
- ALBAREDA, J. M.; GUERRA, A.; MONTORIOL, F.; PEREZ MATEOS, J. P.; GARCIA VICENTE, J. G.; ALONSO, J. J., y MONTSERRAT, P. (1960-1961).—«Study of the Soils of the Ebro Valley. II. Provinces of Huesca and Zaragoza. III. Provinces of Barcelona, Gerona, Lérida and Tarragona». *Inst. Edafol. y Fisiol. Vegetal*. Madrid.
- ALMELA, A. (1954).—«Investigaciones petrolíferas en la vertiente surpirenaica». *Pirineos*, t. 10, núm. 31-32, pp. 231-252, 2 láms.

- (1958).—«La vertiente surpirenaica desde el punto de vista de la investigación petrolífera». *Not. y Com. del IGME*, núm. 50, pp. 241-281, 3 figs.
- ALMELA, A., y RIOS, J. M. (1974).—«Explicación del Mapa Geológico de la provincia de Lérida a Escala 1:200.000». *Inst. Geol. y Min. de Esp.*, 193 pp., 28 láms. Madrid.
- (1952).—«Estudio geológico de la zona subpirenaica aragonesa y de sus sierras marginales». *Act. del Primer Congreso Intern. de Est. Pirenaicos*, t. 1, Sec. 2, pp. 327-350, 3 láms.
- (1960-1962).—«Estructura d'ensemble des Pyrénées Aragonaises et découvertes récentes dans cette région». Livre á la Mem. de P. Fallot, t. 1, pp. 313-331, 3 figs. Soc. Geol. Fr. París.
- ALVARADO, A. DE, y ALMELA, A. (1951).—«Estudio de las reservas de lignito de la cuenca de Mequinenza». *Not. y Com. del IGME*, núm. 23, pp. 3-30, Madrid.
- ASHAUER, H., y TEICHMÜLLER, R. (1935).—«Die varizische und alpidische Gebirgsbildung Kataloniens». *Abb. Ges. Wiss. Göttingen. Math., Phys. K.* 3 F., H. 16, 78 pp., 7 láms., 48 figs. Berlín.
- ANONIMO (1946).—«Cuenca lignitífera de Zaragoza y Huesca». *Min. y Met.*, núm. 66, octubre de 1946, pp. 9-13. Madrid.
- (1950).—«Investigación hidrológica de los Monegros (Huesca)». *Mem. Gen. del IGME*.
- ARAMBURU, P. (1904).—«Las saladas de Sástago». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. 4, pp. 428-429.
- BATALLER, J. R., y DEPAPE, G. (1950).—«Flore Oligocéne de Cervera (Cataluña)». *An. Esc. Per. Agricol. y Espec. Agrop. y de los Serv. Tec. de Agricult.*, vol. 9, 60 pp., 16 figs., 3 pl. Barcelona.
- BAUZA, F. (1876).—«Breve reseña geológica de las provincias de Zaragoza y Lérida». *Bol. Com. Mapa Geol. Esp.*, t. 3.
- BIROT, P. (1936).—«La structure des Pyrénées catalanes». *C. R. Séanc. Soc. Géol. Fr.*, núm. 6, p. 82. París.
- BOFILL, A. (1897).—«Nota sobre la presencia del 'Anchodus Aymardi' en los lignitos de Calaf, provincia de Barcelona; su significado bajo los puntos de vista paleontológico y estratigráfico».
- BOMER, B. (1957).—«Vallées du Gallego et de l'Ebre». Liv.-guide Exc. N. Pyrénées. V. *Congrés Internat. Inqua*, pp. 90-101. Madrid-Barcelona.
- (1957).—«Les terrasses du Gallego». *Inqua*. V. *Congrés Int. Livret-guide de l'excursion N. Pyrénées*, pp. 93-99. Madrid.
- BOMER, B. et RIBA, O. (1962).—«Deformaciones tectónicas recientes por movimiento de yesos en Villafranca de Navarra». I Col. Int. sobre Obr. Públ. en terrenos yesíferos, t. 5, Comun., tema 6, pp. 13-20, Serv. Geol. O. P.
- BORN, A. (1919).—«Das Ebrokecken. Eine Skizze seiner Entstehung und seiner geologischen Aufblaus». *Neues Jahrb. Min. Geol. Pal.*, Bd. 42, pp. 610-727, 17 figs. Berlín.

- BURG, G. (1958).—«Grès cuprifères dans l'Oligosene de l'Espagne septentrionale». *Zeitschrift Erzberban Metallhütewes (Erzmetall)*, Dtsch., t. 11, núm. 10, pp. 478-484, 3 figs. *Trad. Serv. Inf. Geol.*, núm. 4.877, B. O. R.
- CANTOS FIGUEROLA, J. (1953).—«Investigación hidrológica en los Monegros», pp. 127-160. «La interpretación geológica de las mediciones geofísicas», t. 5, *Mem. del IGME*. Madrid.
- CASAS TORRES, J. M. (1952).—«Unidad y variedad geográfica del Valle del Ebro». *Publ. Univ. Intern. Menéndez Pelayo*. Santander.
- COMA, J. E. (1960).—«Mem. Expl. Hoja núm. 327, «Os de Balaguer». Mapa Geol. Esp., 1:50.000, *IGME*, 83 pp., 5 figs., 17 fotos.
- CRUSAFONT, M.; VILLALTA, J. F. de, y TRUYOLS, J. (1956).—«Caracterización del Eoceno Continental en la Cuenca de Tremp y edad de la orogénesis pirenaica». *Act. II, Congr. Int. Est. Pyr. Luchon-Pau*, 1954, t. 2, Sect. 1, pp. 39-53, 3 figs., 3 pl.
- CRUSAFONT, M., y TRUYOLS, S. (1961).—«Identification de l'Aquitani continental dans le bassin de l'Ebre». *Compte R. Acad. Sc. Paris*, t. 252, pp. 919-920, febrero.
- (1964).—«Les Mammifères fossiles dans la stratigraphie du Paléogene continental du bassin de l'Ebre (Espagne)». *Coll. sur le Paleocène (Bordeaux, Sept. 1962)*. *Mem. Bur. Rech. Géol. Min.*, núm. 28, París.
- CRUSAFONT, M.; HARTEMBERGER, J. L., et TRALER, L. (1963).—«Sur les nouveaux restes de Mammifères du gisement éocène supérieur de Sossis, au Nord de Tremp (Lérida, Espagne)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 257, París.
- CRUSAFONT, M.; TRUYOLS, S.; SANTONJA, J., y RIBA, O. (1966).—«Contribución al conocimiento de la estratigrafía terciaria continental entre Navarra y Rioja». *Not. y Com. del IGME*.
- CRUSAFONT, M.; RIBA, O., y VILLENA, J. (1966).—«Nota preliminar sobre un nuevo yacimiento de vertebrados aquitanianos en Santa Celia (Huesca, río Formiga, provincia de Huesca) y sus consecuencias geológicas». *Not. y Com. del IGME*, núm. 83, pp. 7-14, 1 mapa.
- CRUSAFONT, M.; PAIRO, M., y PONS, J. M. (1969).—«Nuevos datos sobre el Aquitaniano del N. de la provincia de Huesca». *Acta Geol. Hisp.*, t. 4, núm. 5, pp. 124-125.
- DANTIN CERECEDA, J. (1942).—«Localización del endorreísmo aragonés. Las saladas de Sástago (Zaragoza)». *Las Ciencias*, a. 7, núm. 3, pp. 554-564, 2 mapas.
- (1942).—«Distribución y extensión del endorreísmo aragonés». *Est. Geog.*, núm. 8, pp. 555-595, 4 figs., 3 láms. y 3 mapas. Madrid.
- DEL AGUILA, A. (1962).—«Consolidación e impermeabilización del canal de la Violada en la región de los Monegros». *Soc. Esp. de Mecánica del Suelo y Cimentaciones, Int. Eduardo Torroja*. Monografía 1, año 1962, p. 16, 6 pl.

- DEPAPE, G., et BATALLER, J. R. (1931).—«Notes sur quelques plantes fossiles de la Catalogne». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, v. 31, 2.º ep., núm. 7-8-9. Barcelona.
- DONAYRE, I. M. (1874).—«Bosquejo de una descripción física y geológica de la provincia de Zaragoza». *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*
- FERRANDO, P. (1912).—«Roca eruptiva de Fraga y lignito de Mequinenza». *B. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, p. 550, t. 12. Madrid.
- (1922).—«Sobre un yacimiento oligoceno en la Cuenca del Ebro». *Bol. R. S. E. H. N.*, t. 22, p. 386.
- (1925).—«Tectónica del Valle del Ebro». *Bol. Soc. Ibérica*.
- (1934).—«Fisiografía del Oligoceno de la Cuenca del Ebro». *Rev. Acad. Cienc. Zaragoza*, t. 17, pp. 93-110, 6 figs.
- FERRER, M., y MENSUA, S. (1956).—«Las formas de relieve del centro de la Depresión del Ebro». *Geographica*, núm. 9-12, pp. 107-109, 4 figs.
- FERRER, M. (1960).—«La personalidad geográfica de los Monegros». *Geographica*, año 7, pp. 59-88.
- FRUTOS MEJIAS, M. L. (1968).—«Los glaciares del Campo de Zaragoza». *Aport. Esp. al 21 Cong. Int. Geografía India*, 1968, *Inst. Geogr. Apl. CSIC*, pp. 422-429.
- (1968).—«Consideraciones sobre la geomorfología de los yesos en el Valle medio del Ebro». Separata publ. en *Miscelánea*, ofrecida al Ilmo. señor José María Lacarra y de Miguel, pp. 259-265, Fasc. de Letras, Zaragoza.
- GAIBAR PUERTAS, C. (1965).—«Variaciones de profundidad del zócalo paleozoico en la región central del Prepirineo y la Depresión del Ebro». *Actes du Quatrième Congr. Inter. d'Etud. Pyrénées*, t. 1, sect. 1, pp. 61-68, 2 map., Pau-Lourdes-Toulouse.
- GARCIA SAINZ, L. (1927).—«Contribución a los estudios geográficos de la Cuenca del Ebro: I: Las zonas de abrasión marina o lacustre del Ebro medio». *Bol. R. Soc. Geogr.*, t. 47, pp. 7-34, 3 figs., 5 láms. Madrid.
- (1939).—«Los principales rasgos morfológicos del Ebro medio». *Las Ciencias*, año 4, núm. 3, pp. 528-538, 3 fotos, 1 mapa, Madrid.
- (1939).—«Los principales rasgos morfológicos del Ebro medio». *Las Ciencias*, año 4, núm. 3, pp. 528-538, 3 fotos, 1 mapa. Madrid.
- GARCIA SIÑERIZ, J. (1941).—«La investigación sísmica en la cuenca potásica de la provincia de Huesca, zona de Tamarite de Litera». *An. de Física y Química*, t. 37, primera parte, Mem. y Not., pp. 5-21, 8 figs.
- (1953).—«Investigación hidrológica en los Monegros». *Interpret. Geol. Medic. Geofis. Mem. IGME*, t. 5, pp. 127-160, 3 extensibles.
- GONZALEZ LASALA, J. (1856).—«Nota sobre el combustible de Mequinenza». *Rev. Minera*. Madrid.
- HERNANDEZ PACHECO, E. (1921).—«Características fislográficas y geológicas

- cas del Mioceno de Aragón entre el Cinca y el Gállego». *Asoc. Progres. Cienc. Congr. de Oporto*, t. 6, pp. 171-181.
- (1928).—«Los cinco principales ríos españoles y sus terrazas». *Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat. Ser. Geol.*, núm. 36, 150 pp., 55 láms., 18 figs., *Bur. Rech. Soc. Geogr.*, t. 68, pp. 216-246, 6 figs., 8 láms. Madrid.
- IVAÑEZ CATALA, V. (1950).—«Mequinenza». Memoria fin de Carrera. Escuela de capataces facultativos de minas y fábricas metalúrgicas de Manresa (inédito).
- DE LARRAGAN, A. (1949).—«Explicación del Mapa núm 287, «Barbastro», a escala 1:50.000». *IGME*.
- DE LARRAGAN, A., y CASTELL, J. (1952).—«Explicación del Mapa y Hoja número 286, «Huesca», a escala 1:50.000». *IGME*.
- LLAMAS MADURGA, M. R. (1959).—«Las minas de sal gema de Remolinos (Zaragoza) y la geología de sus proximidades». *Bol. R. Soc. Esp. de Cienc. Nat.*, t. 57, pp. 33-43, 4 figs.
- (1962).—«Estudio geológico técnico de los terrenos yesíferos de la cuenca del Ebro y de los problemas que plantean en los canales». *Bol. Inf. Serv. Geol. O. P.*, núm. 12, pp. 1-192, 38 figs., 45 pl.
- MAESTRE, A. (1845).—«Descripción geognóstica y minera del distrito de Cataluña y Aragón». *Anal. Min.*, t. 2, pp. 193-278.
- MALLADA, L. (1878).—Descripción física y geológica de la provincia de Huesca». *Mem. Com. Mapa Geol. Esp.*, t. 6, pp. 1-439, 1 mapa.
- MARIN, A. (1926).—«Algunas notas estratigráficas sobre la cuenca terciaria del Ebro». *Bol. IGME*, t. 47, segunda parte, pp. 113-127, 3 láms., 5 figs., 1 mapa esq. zona de Fayón.
- (1926-1927).—«La Potasa». *Bol. del IGME*, t. 48, p. 72.
- (1945).—«La Depresión del Ebro. La tectónica y los yacimientos minerales». *Bol. IGME*, t. 57, pp. 7-57.
- MARIN, A.; GALVEZ CAÑERO, A., y LARRAGAN, A. (1934).—«Mem. Expl.», Hoja núm. 388, «Lérida», del Mapa Geol. Esp., escala 1:50.000, *IGME*, 27 pp., 3 figs., 8 láms.
- (1935).—«Mem. Expl.». Hoja núm. 359, «Balaguer», del Mapa Geol. Esp., a escala 1:50.000, 27 pp., 7 láms.
- MARTIN DONAYRE, F. (1873).—«Bosquejo de una descripción física y geológica de la provincia de Zaragoza». *R. Soc. Esp. Hist. Nat., Bol.*, t. 25, pp. 437. IDEM, *Bol. Com. Mapa Geol. Esp.*, t. 1, 128 pp., 5 láms.
- MASACHS ALAVEDRA, V. (1952).—«La edad, el origen y los movimientos de las sales paleógenas de la cuenca del Ebro». *Publ. Inst. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, t. 9, *Mem. y Com.*, pp. 51-65, 3 figs.
- MASACHS, V. (1954).—«Edad del horizonte de tránsito entre el Eoceno marino y las calizas con *Melanoides albigensis* NOUL en una parte del sector catalán de la Depresión del Ebro». Vol. Ext. Hom. a Ed. Hernández-Pacheco, *R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, pp. 453-457.

- MASACHS, V.; CRUSAFONT, M., et VILLALTA, J. F. DE (1954).—«Sur l'âge du gisement potassique de la Catalogne». *C. R. S. Soc. Geol. Fr.* núm. 13, pp. 304-305.
- MAYORAL, M. (1957).—«Los Monegros». *Temas Españoles*, t. 9, 322 pp. Madrid.
- MENSUA, S. (1964).—«Sobre la génesis de los glacis del Valle del Ebro y su posterior evolución morfológica». Vol. «Aportac. Esp. al XX Congr. Geogr. Int. Reino Unido», CSIC, Inst. J. S. Elcano, pp. 191-195. Zaragoza.
- PALACIOS, P. (1892).—«Reseña geológica de la región meridional de la provincia de Zaragoza». *Bol. Com. Mapa Geol. Esp.*, t. 19, pp. 1-122, 4 figs., 1 mapa, 1 lám.
- PANZER, W. (1926).—«Talantwicklung un Eiszeitklima in nordöstlichen Spanien». *Senckenberg Naturf. Gesellschaft*, t. 39, pp. 141-182, 12 figs. Franckfurt. Trad. esp. en *Est. Geogr.*, a. 9, núm. 30, pp. 79-131, 1948.
- (1928).—«Neogene strandterrassen im Ebrobecken». *Zeit. f. Geomorphologie*, t. 3, pp. 308-310. Berlin, 1928.
- (1933).—«Die Entwicklung der Täler Kataloniens». *Assoc. Int. Etude Géol. Médit. Occid.*, t. 3, 3.ª parte, núm. 21, 36 pp., 8 figs., 4 láms.
- (1926).—«Geomorphologische Beobachtung im Nordostspaniens». *Geol. Rund.*, t. 17, H. 3, pp. 229-232, 2 figs.
- PERCONIG, E. (1968).—«Microfacies of the Triassic and Jurassic sediments of Spain», p. 17: «The riddle of the ancient Ebro massif». *Int. Sedim. Petrol. Series*, t. 10, E. J. Brill. Leiden.
- PINILLA, A.; RIBA, O., y PEREZ MATEOS, J. (1968).—«Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca del Ebro». *Breviora Geol. Asturica*, v. 11, núm. 1-4, pp. 45-148. Oviedo.
- PINILLA NAVARRO, A. (1966).—«Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca terciaria del Ebro». *Tes. Doct. Fac. Farm.* Madrid, 329 pp. (in litt.).
- (1968).—«Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca terciaria del Ebro». I Parte. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, t. 66, pp. 207-217. II Parte. *An. Edafol. y Agrobiol.*, t. 27, núm. 7-8, pp. 547-562, 1 lám., 1968.
- PINILLA NAVARRO, A., y PEREZ MATEOS, J. (1968).—«Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca terciaria del Ebro». III Parte. *An. Edafol. y Agrobiol.*, t. 27, núm. 9-19, pp. 593-617, 1968.
- QUIRANTES, J. (1965).—«Nota sobre las lagunas de Bujaraloz-Sástago». *Geographica*, a. 12, pp. 30-34, 3 figs., 5 fotos. Zaragoza.
- (1966).—«Calizas continentales, criterios genéticos de clasificación». *Acta Geol. Hisp.*, a. 1, núm. 2, pp. 15-18.
- (1969).—«Estudio sedimentológico y estratigráfico del terciario continental de los Monegros». *Tes. Doct. Univ. Granada*. Edic. Depto. Sedim. y Sueños. CSIC. Zaragoza.

- QUIRANTES, J., y MARTINEZ GARCIA, E. (1966).—«Un tipo de roca poco conocido: las arenitas yesíferas de los Monegros». *Brev. Geol. Asturica*, t. 11, núm. 1-4, pp. 115-126.
- RIBA, O., y LLAMAS, R. (1962).—«Libro-guía del viaje de estudio núm. 5. Canales de la Violada, Monegros y Flumen». I Coloq. Int. sobre las Obras Públicas en los terrenos yesíferos. Serv. Geol. O. P., 21 pp., 4 figs., 3 fotos, 1 mapa. Madrid.
- (1962).—«Libro-guía del viaje de estudio núm. 4. Canal Imperial de Aragón». Serv. Geol. O. P. I Coloq. Int. sobre las Obras Públicas en los terrenos yesíferos, 19 pp., 5 figs., 2 láms. Madrid.
- RIBA ARDERIU, O., y MACAU VILAR, F. (1962).—«Situación, características y extensión de los terrenos yesíferos en España». I Coloq. Int. sobre las Obras Públicas en terrenos yesíferos. Serv. Geol. O. P., 1 vol., 33 pp., 1 fig., 1 mapa en color a escala 1:2.000.000; y otro a escala 1:1.000.000. Madrid. «Mapa de situación de los Terrenos Yesíferos en España».
- RIBA, O. (1964).—«Estructura sedimentaria del Terciario Continental de la Depresión del Ebro, en sus partes riojana y navarra». Vol. «Aportación Esp. al XX Congr. Geogr. Int.; Reino Unido, 1964», pp. 127-138, 4 figs. Zaragoza.
- (1967).—«Resultado de un estudio sobre el Terciario Continental de la parte Este de la Depresión Central Catalana». *Acta Geol. Hisp., Inst. Nac. Geol.*, a. 2, núm. 1, pp. 1-6, 2 figs.
- RIBA, O.; VILLENA, J., y QUIRANTES, J. (1967).—«Nota preliminar sobre la sedimentación en paleocanales terciarios de la zona de Caspe-Chiprana (prov. de Zaragoza)». *An. Edafol. y Agrobiol.*, CSIC, t. 26, núm. 1-4, pp. 617-634, Madrid.
- RIOS, J. M. (1958-1963).—«Relación de los principales sondeos para la investigación de petróleo llevados a cabo en España desde 1939». *Not. y Com. del IGME*, 1.º Ap., núm. 50, 1958; 2.º Ap., núm. 59, 1960; 3.º Ap., núm. 63, 1960; 4.º Ap., núm. 66, 1961; 5.º Ap., núm. 70, 1962; 6.º Ap., núm. 75, 1963.
- (1959).—«Algunas consideraciones acerca del enjuiciamiento del Valle del Ebro en sus posibilidades petrolíferas». *Not. y Com. del IGME*, número 53, pp. 107-148.
- (1960).—«Algunas áreas especiales de la zona surpirenáica y de la cuenca del Ebro». *Not. y Com. del IGME*, núm. 58, pp. 183-210, 5 figs.
- (1963).—«Materiales salinos del suelo español». *Mem. núm. 64, IGME*, 161 pp.
- ROSSELL SANUY, J. (1963).—«Estudio Geológico del sector del Prepirineo comprendido entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana (provincia de Lérida)». Inst. de Est. Piren. Inst. «Jaime Almera» de Invest. Geol. CSIC.
- ROYO GOMEZ, J. (1922).—«El Mioceno continental ibérico y su fauna me-

- lacológica». *Com. Inv. Pal. y Prehist. Junt. Ampl. Est. Mem.*, 3°, 230 pp., 54 figs., 13 láms., Madrid.
- (1926).—«Tectónica del Terciario continental ibérico». *Bol. IGME*, t. 47, pp. 131-163, 13 láms., 7 figs.
- (1926).—«Edad de las formaciones yesíferas del Terciario Ibérico». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. 26, pp. 259-279.
- SAENZ, C. (1931).—«Notas acerca de la distribución estratigráfica del Terciario lacustre en la parte septentrional del territorio español». *Conf. Sind. Hidrogr. Ebro. Publ. núm. 36*, pp. 3-29, 14 fot., 1 mapa. Zaragoza.
- (1942).—«Estructura general de la cuenca del Ebro». *Est. Geogr.*, a. 3, núm. 7, pp. 249-269, 1 lám., 1 corte.
- (1954).—«Nouvelle synthèse stratigraphique et tectonique du Tertiaire continental espagnol». (Résumé). *Congr. Géol. Int. Alger*, 1952, Sect. 13, núm. 13, pp. 287-288.
- SAMPELAYO, P. H., y BATALLER, J. R. (1944).—«Trionyx marini. Tortuga nueva del Oligoceno leridano». *Not. y Com. del IGME*, núm. 13, pp. 3-11, 2 figs., 1 lám.
- SELZER, G. (1934).—«Geologie der Südpyrenaischen Sierren im Oberaramonien». *N. Jb. f. Min. Geol. u. Paläontol.*, t. 71, Abt. B, pp. 370-406, 11 figs., 3 láms. Trad. esp. en *Publ. Extr. Geol. Esp.*, CSIC, t. 4, pp. 186-231, 19 figs., 2 láms., 1948.
- SAVIRON, P. (1911).—«Nota sobre los carbones minerales de Mequinenza (Zaragoza)». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. 11, pp. 305-306.
- SOLE SABARIS, L., y FONT TULLOT, J. M. (1929).—«Las terrazas del Segre en las inmediaciones de Lérida». *Publ. Inst. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, t. 2, 7 pp., 2 figs., 5 láms. Barcelona.
- SOLE SABARIS, L. (1946).—«Problemas morfológicos del Llano de Lérida». *Ilerda*, a. 4, núm. 6, pp. 7-22, 2 láms., 1 mapa, 1 bloque diagr. Lérida.
- (1953).—«Terrazas deformadas en la cuenca del Ebro». *Mem. R. Ac. Cienc. Ar. Barcelona*, t. 31, núm. 7, pp. 239-259, 2 figs.
- (1953).—«Terrazas deformadas del Nordeste de España». *Act. 4 Congr. Int. INQUA, Rome-Pise*, pp. 3-11, 2 figs. Roma.
- SOLE SABARIS, L., y LLOPIS LLADO, N. (1951).—«Geografía Física». 1.º Parte de la Península Ibérica. *Geogr. Univ. de la Blache y L. Gallois*, t. 9, 500 pp., 186 figs., 96 láms., Barcelona, Muntaner y Simón, S. L.
- SOUQUET, P. (1967).—«Le Crétace Supérieur sud-pyrénéen en Catalogne, Aragón et Navarre». Thése de Doctoral d'Etat. Fac. Sciences. Toulouse.
- TORRAS FOULON, A., y RIBA, O. (1968).—«Contribución al estudio de los limos yesíferos del centro de la Depresión del Ebro». *Brev. Geol. Asturica*, t. 11, núm. 1-4, pp. 127-140. Oviedo.
- TORRAS FOULON, A.; RIBA, O., y QUIRANTES, J. (1966).—«Arenas yesíferas actuales y terciarias en los Monegros». *Not. pres. en la IV Reun. del Grupo Esp. de Sedimentología*, Oviedo, 1966 (in litt.).

- TRUYOLS SANTONJA, J., y CRUSAFONT PAIRO, M. (1961).—«Consideraciones sobre la edad del yacimiento de vertebrados de Tárrega». *Not. y Com. del IGME*, pp. 99-108.
- VIDAL, L. M. (1875).—«Geología de la provincia de Lérida». *Bol. Com. Mapa Geol. Esp.*, t. 2, pp. 273-379.
- VIDAL, L. M., et DEPERET, Ch. (1906).—«Contribución al estudio del Oligoceno en Cataluña». *Mem. R. Ac. Cienc. Art.*, Barcelona, 3.^a sér., t. 5, núm. 19, pp. 311-345, 6 figs.
- VILLALTA, J. F. de, y CRUSAFONT, M. (1947).—«Les gisements de mammifères du Néogéne espagnol. V. Bassin de l'Ebre». *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, núm. 13-14, pp. 256-259.