



# IGME

320

25-13

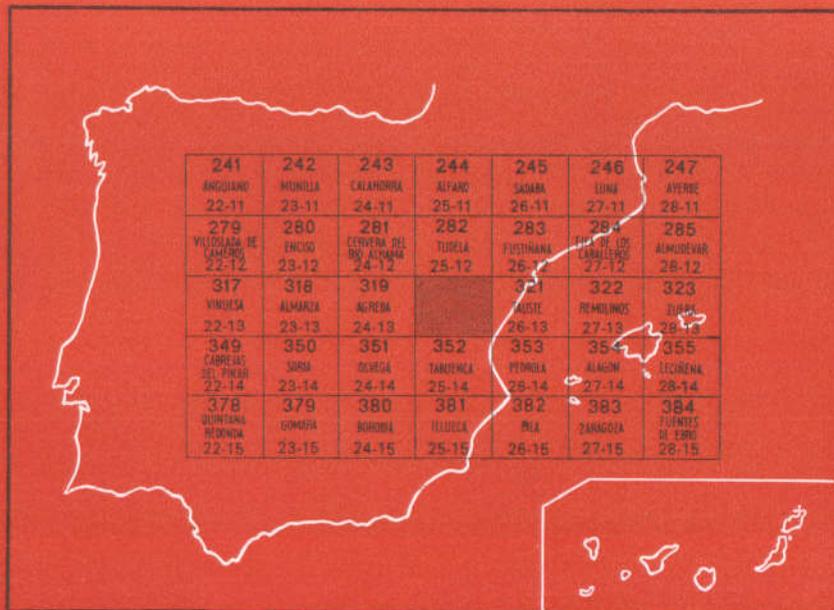
## MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

# TARAZONA

Segunda serie - Primera edición

INSTITUTO GEOLOGICO  
Y MINERO DE ESPAÑA  
RIOS ROSAS, 23 - MADRID-3



SERVICIO DE PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA  
E. 1:50.000

# TARAZONA

Segunda serie - Primera edición

SERVICIO DE PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA

La presente Hoja y Memoria ha sido realizada por la Diputación Foral de Navarra, bajo normas, dirección y supervisión del IGME.

La cartografía de la Hoja y la redacción de la Memoria las ha llevado a cabo Javier Castiella Muruzábal, Licenciado en Ciencias Geológicas, bajo la dirección técnica de Joaquín del Valle de Lersundi, Doctor Ingeniero de Minas.

El estudio micropaleontológico ha corrido a cargo del Doctor en Ciencias Geológicas don José Ramírez del Pozo.

La sedimentología ha sido estudiada en el Laboratorio de ENADIMSA.

Los análisis químicos se han realizado en el Laboratorio Químico de la Diputación Foral de Navarra.

#### **INFORMACION COMPLEMENTARIA**

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero de España existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria, constituida fundamentalmente por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informes petrográficos, paleontológicos, etc., de dichas muestras.
- Columnas estratigráficas de detalle con estudios sedimentológicos.
- Fichas bibliográficas, fotografías y demás información varia.

Servicio de Publicaciones - Claudio Coello, 44 - Madrid-1

Depósito Legal: M-9.446-1977

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Teléf. 259 57 55 - Madrid-16

## 1 INTRODUCCION

La Hoja de Tarazona está situada al noroeste de la provincia de Zaragoza, y casi en su totalidad pertenece a la misma. Sólo comprende, al NO. y al N., unos entrantes de las provincias de Logroño y Navarra, y también, en el ángulo SO., una pequeña parte está emplazada en la provincia de Soria.

Corresponde al borde sur de la Depresión del Ebro. Los materiales que la constituyen son de origen continental, de edad miocena, si exceptuamos al SO., en la falda del Moncayo, una zona integrada por sedimentos del Jurásico marino, y del Jurásico terminal y Cretácico basal continentales en facies «Purbeck», recubierta en gran parte por el Terciario Continental.

Desde un punto de vista estructural, la formación miocena se muestra con buzamientos muy suaves, subhorizontales, mientras que la unidad mesozoica está afectada por movimientos tectónicos que alteran intensamente la disposición original de las capas.

Las relaciones del Terciario del valle del Ebro con el Mesozoico de la región del Moncayo son, en esta zona, mediante una discordancia neta.

## 2 ESTRATIGRAFIA

### 2.1 SECUNDARIO

#### 2.1.1 Dogger. J<sub>2</sub>

Este tramo, así como el resto de los materiales mesozoicos que aparecen en la Hoja, se extienden bajo los sedimentos terciarios continentales del reborde sur de la Depresión del Ebro, aflorando sólo en el fondo de los barrancos.

Se trata de calizas y margas arenosas negras, dispuestas en bancos relativamente delgados (20-50 cm.), bien estratificados.

Desde el punto de vista paleontológico nos remitimos a la contigua Hoja de Tabuena (352), donde se ha podido identificar el Dogger.

#### 2.1.2 Oxfordiense-Kimmeridgiense. J<sub>31-32</sub>

Encima del tramo anterior sobreviene una serie que se inicia con unas calizas con esponjas, a las que sigue unas facies de margas arenosas con niveles calizos intercalados. A pesar de los aportes terrígenos prosigue el ambiente marino.

Las calizas de la base se disponen en bancos bien estratificados, de potencia comprendida entre 20 y 50 cm. Contienen un 65 por 100 de micrita, un 10 por 100 de arcillas, un 5 por 100 de granos de cuarzo y el resto fósiles que no se han podido identificar. Presentan un color gris oscuro.

#### 2.1.3 Kimmeridgiense-Portlandiense (Facies «Purbeck»). J<sub>P32-33</sub>

Sobre el Jurásico marino descansa un tramo constituido por sedimentos continentales de ambiente deltaico, absolutamente clásticos (conglomerados, cuarzarenitas, limolitas y arcillas cuarzarenitosas finas de color rojo).

Corresponden, de los cinco grupos propuestos por G. TISCHER y A. BEUTHER (1966) para la Serie Weáldica, al Grupo 1 o Grupo de Tera.

En la zona que nos ocupa está formado íntegramente por areniscas de grano fino y cemento calcáreo, las cuales contienen hasta un 76 por 100 de granos de cuarzo. Están bien estratificadas y la potencia de los bancos oscila entre 10 y 50 cm. Son de color beige.

No existe ninguna evidencia paleontológica, pero por la posición estratigráfica se han atribuido al Kimmeridgiense-Portlandiense.

#### 2.1.4 Berriasiense-Valangiense (Facies «Purbeck»). C<sub>P11-12</sub>

Aflora únicamente en el ángulo SO. de la Hoja y constituye las primeras estratificaciones del Moncayo. Estos depósitos, pertenecientes al Cretácico Inferior Continental de ambiente deltaico, están recubiertos casi en su totalidad por los materiales detríticos miocenos, discordantes, así como por un importante manto cuaternario. Por debajo de esta cobertera terciaria y cuaternaria sólo quedan al descubierto en la parte profunda de los barrancos-desfiladeros, principalmente de los ríos Val y Queiles.

Dado el carácter local de los afloramientos, es muy difícil conocer la potencia.

La serie es esencialmente clástica, pero con frecuentes intercalaciones

calcáreas, que a veces pueden llegar a predominar localmente sobre la fracción detrítica.

Generalmente está compuesta por una secuencia en la que alternan cuarzenitas, limolitas cuarzenitosas de colores verdes y amarillentos, y margas verdes, más o menos arenosas, con importantes intercalaciones de calizas de color castaño y casi negro. También se distingue una facies de calizas tableadas.

Las cuarzenitas están formadas fundamentalmente por granos de cuarzo (70-75 por 100) y minerales accesorios (10 por 100) de mica blanca y clorita. Presentan estructura lenticular, con base ondulante y estratificación cruzada. El espesor de los bancos oscila entre 0,2 y 2 m.

Las limolitas de color verde y amarillento contienen una gran proporción de granos de cuarzo (77 por 100), además de clorita (5 por 100), mica blanca y algún otro mineral arcilloso. Engloban cubos de pirita. Frecuentemente están cortadas por diaclasas rellenas de «filones ciegos» de cuarzo, a veces de potencia mayor de 15 cm.

Las margas verdes, por lo general asociadas a las limolitas, se componen de granos de cuarzo empastados en una masa calcárea, con hasta 15 por 100 de clorita, de color verde, con muchos cubos de pirita; a veces con pequeñas geodas que contienen cuarzo idiomorfo, espato calizo y ocasionalmente yeso.

Esta formación comprende, de los cinco grupos propuestos por G. TISCHER y A. BEUTHER (1966), el Grupo 2 o Grupo de Oncala.

Los resultados del estudio micropaleontológico son totalmente negativos. No obstante, las mismas facies, en la región de Cameros, según RAMIREZ DEL POZO presentan una asociación de microorganismos que caracterizan el Berriasiense-Valanginiense.

## 2.2 Terciario

El Terciario Continental, que ocupa la casi totalidad de la Hoja, se caracteriza por la gran escasez de ostrácodos y oogonios de charáceas, y más aún si consideramos los que permiten una datación estratigráfica precisa, ya que los pocos que aparecen, por lo general, no se pueden identificar. Únicamente se ha encontrado una serie, más bien reducida, de gasterópodos, que, con bastantes reservas, han dado una edad Pontiense. Ahora bien, por la posición estratigráfica puede ser perfectamente factible. Esta pobreza, por un lado, y la variada distribución de facies, por otro, dificultan mucho el establecimiento de los límites cronoestratigráficos.

Afortunadamente en Monteagudo, el P. E. LACARRA descubrió, en 1920, en las canteras de yeso, un yacimiento de vertebrados que definen el Vindoboniense Superior. Además, hay que añadir los dos yacimientos enclavados al Norte, en la vecina Hoja de Tudela (282), uno de los cuales caracteriza

el Aquitaniense y el otro el Burdigaliense. Al estar situados relativamente cerca, es posible hacer algunas correlaciones.

A la vista de estos factores, la estratigrafía tiene que apoyarse en el estudio de las facies litológicas y en las correlaciones a partir de niveles guías y de líneas fotogeológicas. La enorme variabilidad de las facies a veces plantea problemas de correlación. Vemos, pues, que se trata de una labor muy expuesta, siempre sujeta a cambios a medida que se van descubriendo nuevos yacimientos fosilíferos.

También crea problemas, a la hora de establecer correlaciones por medio de niveles guías, la disposición diácrona de las facies. Este fenómeno fue comprobado ya por RIBA (1964) en los yesos de Desojo, en las Hojas de Viana (171) y Allo (172). En una investigación preliminar, el mismo autor los había considerado como un nivel guía. En la presente Hoja se observa un fenómeno análogo en los «Yesos de Monteagudo» y en las arcillas y calizas de la Formación Tudela.

Ayudados en la paleontología, especialmente en los vertebrados fósiles, así como en la fotogeología, en las observaciones de campo y en el conocimiento de la geología regional, y salvando las dificultades mencionadas, ha sido realizada la cartografía de la Hoja en cuestión.

Por otra parte, cabe destacar que en esta región están representados los depósitos continentales más recientes de la Depresión del Ebro, al menos de las Hojas que lindan con la provincia de Navarra.

## 2.2.1 Aquitaniense-Vindoboniense

### 2.2.1.1 Formación Alfaro. Unidad T<sub>ct1</sub><sup>Ba-Bc</sup>

Ocupa el ángulo NE. de la Hoja, donde solamente se encuentran representados los niveles más altos. La potencia de dichos niveles es difícil de calcular, ya que están recubiertos, en gran parte, por depósitos cuaternarios. No obstante, el tramo que aflora puede tener del orden de 80 a 90 m.

Litológicamente consiste en arcillas calcáreas rojas, a veces limosas, con esporádicas intercalaciones de areniscas y de limos, y con algún nivel de yeso terroso.

Las areniscas, de grano medio a fino, están muy poco cementadas y contienen abundante yeso, tanto en forma de fracción detrítica como de cemento. Por lo general se disponen en capas extensas de 5 a 50 cm. de espesor, pero, a veces, las capas son algo más potentes y de menor extensión lateral, correspondiendo entonces a depósitos de canal.

Las arcillas presentan finas hiladas de yeso fibroso interestratificado, o bien rellenando grietas oblicuas a la estratificación.

Las muestras recogidas son azoicas, pero por la posición estratigráfica, esta unidad puede atribuirse en esta región al Vindoboniense, ya que sobre

ella descansan directamente los «Yesos de Monteagudo», datados por vertebrados fósiles como Vindoboniense Superior (CRUSAFONT, TRUYOLS y RIBA, 1966).

### 2.2.1.2 Formación Cascante. Unidades $T_{c11}^{Ba-Bc}$ y $T_{c11}^{Bb-Bc}$

La Formación Cascante, integrada por las unidades  $T_{c11}^{Ba-Bc}$  y  $T_{c11}^{Bb-Bc}$ , se extiende de Norte a Sur, desde Cascante hasta las inmediaciones de Tarazona, donde desaparece por cambio de facies.

El motivo fundamental por el que se han separado estas dos unidades, que litológica y sedimentológicamente son similares, es que entre ellas se intercala un tramo (unidad  $T_{c11}^{Bb-Bc}$ ) en disposición diácrona, con frecuentes intercalaciones de calizas depositadas en zonas restringidas, entre materiales de la misma naturaleza que los de las referidas unidades. Por consiguiente, dicho tramo, que en parte representa el paso lateral de los «Yesos de Monteagudo» del Vindoboniense Superior, define, por un lado, la unidad  $T_{c11}^{Ba-Bc}$ , que comienza en el Aquitaniense y llega hasta el Vindoboniense Superior, y por otro, la unidad  $T_{c11}^{Bb-Bc}$ , que corresponde claramente al Vindoboniense Superior.

En la presente Hoja únicamente afloran los niveles superiores de la unidad  $T_{c11}^{Ba-Bc}$ , con una potencia aproximada de 200 m., por lo que se pueden atribuir sin ninguna duda al Vindoboniense. La base de los niveles referidos, hacia el NE., pasa lateralmente a las facies rojas de la Formación Alfaro.

La potencia de la unidad  $T_{c11}^{Bb-Bc}$  depende del lugar que se considere. Entre Monteagudo y Vierlas se han calculado de 70 a 80 m.

La Formación Cascante está formada por conglomerados, areniscas, arcillas, limos y alguna capa delgada de yeso blanco sacaroideo.

Los conglomerados representan depósitos de canal de tipo anastomosado, que también contienen areniscas groseras. Las arcillas y los limos, junto con las areniscas finas, se depositan en las zonas laterales superiores a los canales. El espesor es variable, pero normalmente no sobrepasan los 2 m.

Los paleocanales presentan una estratificación cruzada, a gran escala, muy marcada, y las areniscas de grano fino suelen tener óndulas de corriente.

Los conglomerados están constituidos por cantos bastante homométricos, procedentes en su mayoría de la serie Weáldica de las estribaciones de la Sierra de Cameros.

Las areniscas, que en algunas zonas (Cascante, Monteagudo, etc.) llegan a predominar sobre los conglomerados, constan, fundamentalmente, de granos de cuarzo y de fragmentos de calizas, englobados en un cemento y en un matriz calcárea, que, por lo general, incluye abundante yeso.

Las capas de arenisca tienen un espesor de 5 a 50 cm., algunas de las

cuales forman paleocanales de reducidas dimensiones. Esporádicamente se intercala también alguna capa de yeso sacaroideo, de poco espesor.

Las arcillas y limos contienen bastante yeso disperso y yeso fibroso rellenando grietas.

Esta formación corresponde a la parte más distal del abanico aluvial que da lugar a los conglomerados marginales del borde sur de la Depresión del Ebro.

## 2.2.2 Vindoboniense

### 2.2.2.1 Unidad $T_{c11}^{Bb-Bc}$

Esta unidad, que separa las dos unidades que integran la Formación Cascante, tiene una disposición diácrona, es decir, las capas se van desplazando de Este a Oeste en sentido estratigráfico ascendente. Coincidiendo con este sentido, la serie experimenta, a su vez, un notable aumento de espesor. La potencia es muy variable, como corresponde a esta clase de fenómenos. Como máximo, este tramo tiene unos 100 m.

Litológicamente consiste en un tramo básicamente arcilloso-limoso de tonos parduzcos y gris azulados, con conglomerados, areniscas y calizas subordinadas.

Los conglomerados, de la misma naturaleza que los de la Formación Cascante, representan depósitos de canal, en los que también existen areniscas groseras. El espesor normalmente no sobrepasa los 2 m.

Las areniscas, de grano medio a fino, están formadas por granos de cuarzo y fragmentos de rocas especialmente calizas, trabados por un cemento tipo esparita con abundante yeso. Las capas tienen un espesor de 5 a 50 cm., y, en ocasiones, constituyen canales en los que el tamaño de grano es muy variable, presentando incluso zonas con gran concentración de cantos.

Las calizas son de tonos blanquecinos, de grano muy fino, y se disponen en capas de 0,20 a 1 m. Probablemente se depositaron en zonas restringidas entre los canales conglomeráticos.

Todas las muestras recogidas son azoicas, no obstante, por la posición estratigráfica, puede atribuirse con bastante exactitud al Vindoboniense Superior, ya que la base de dicha unidad pasa lateralmente a los «Yesos de Monteagudo», datados por vertebrados fósiles como Vindoboniense Superior.

## 2.2.3 Aquitaniense-Pontiense

### 2.2.3.1 Formación Fitero. Unidades $T_{c11-12}^{Ba-Bc}$ y $T_{c9c11-12}^{Bb-Bc}$

La Formación Fitero está constituida por elementos detríticos que se desarrollan en los extremos occidental y meridional de la Hoja, desde los

alrededores del paraje denominado Plandenas (Cascante) hasta Borja, pasando por los Fayos, donde destacan potentes bancos de conglomerados en forma de acantilado.

Se han diferenciado dos unidades, en base a un criterio meramente litológico, en relación, claro está, con las condiciones del medio sedimentario.

Así, la unidad  $T_{c11-12}^{Ba-Bc}$ , formada esencialmente por una alternancia de conglomerados, arcillas y limos rojos, representa el paso lateral de la unidad  $TcG_{c11-12}^{Bb-Bc}$ , situada en el ángulo SO., en la que predominan los conglomerados. Esta distribución de las facies refleja la evolución, hacia el centro de la cubeta sedimentaria, de una serie de abanicos aluviales, básicamente conglomeráticos (unidad  $TcG_{c11-12}^{Bb-Bc}$ ). A medida que nos alejamos del borde, van apareciendo paulatinamente elementos finos (unidad  $T_{c11-12}^{Ba-Bc}$ ), hasta llegar a predominar éstos sobre los canales conglomeráticos (Formación Cascante).

Las facies marginales referidas, en el ángulo SO., se extienden en discordancia angular sobre la serie Wealdica del Moncayo, que aflora por lo general en el fondo de los barrancos.

Es difícil hablar de potencias totales, ya que sólo aparecen los términos más altos de una u otra unidad, y, por otra parte, las potencias de los niveles representados en la Hoja varían según el lugar que se considere. Dadas las características geológicas de la zona, hacia el Norte, es decir, hacia el interior, la potencia aumenta considerablemente. Así, la unidad  $T_{c11-12}^{Ba-Bc}$  alcanza los 300 m.

Dicha unidad está constituida por una alternancia de conglomerados, areniscas, arcillas y limos de tonos rojos. En ocasiones hay un predominio absoluto de los conglomerados.

Los conglomerados se disponen en bancos lenticulares bastante persistentes, con base erosiva y de espesor muy variable, desde 0,5 m. hasta varios metros. Presentan también lentejones de areniscas.

La fracción detrítica de los conglomerados es fundamentalmente caliza del Mesozoico, aunque también hay cantos de arenisca y de cuarcita, procedentes del Permotriás y del Paleozoico. Son muy heterométricos, encontrándose tamaños que oscilan entre 3 y 50 cm.

Las capas de arenisca, que a veces representan depósitos de canal, tienen normalmente un espesor comprendido entre 20 y 50 cm. Los terrígenos que las componen son, por lo general, cuarzo y fragmentos de rocas, especialmente de caliza. El cemento es calizo, a veces se presenta bastante recristalizado.

La unidad  $TcG_{c11-12}^{Bb-Bc}$  está formada básicamente por conglomerados de la misma naturaleza que los de la unidad anterior. En ellos se intercalan finos niveles lenticulares de arcillas y de limos, así como de areniscas, que

remarcan la estratificación. Los cantos y bloques están englobados en un cemento caliza bastante coherente. La matriz es arenosa.

Como ya se ha mencionado, sólo aparecen en esta Hoja los términos superiores de ambas unidades. Por la posición estratigráfica, la unidad  $T_{c11-12}^{Ba-Bc}$ , cuyos niveles inferiores corresponden al Aquitaniense, en esta región llega claramente al Vindoboniense-Pontiense. En las muestras recogidas hay una ausencia total de microorganismos fósiles. Sin embargo, en este tramo aparece el *Helis gualinoi*, MICHAUD, gasterópodo característico del Pontien- se. Además, puede correlacionarse con otras facies en las que se ha encontrado una asociación faunística de gasterópodos claramente del Pontien- se.

La unidad  $T_{c11-12}^{Bb-Bc}$ , cuya base no aflora, puede atribuirse, en esta zona, por la posición estratigráfica al Vindoboniense-Pontiense, aunque, como la anterior, comienza en el Aquitaniense.

## 2.2.4 Vindoboniense-Pontiense

### 2.2.4.1 Formación Tudela. Unidad $T_{c11-12}^{Bb-Bc}$

Se extiende sobre la Formación Alfaro, en la parte oriental de la Hoja. La potencia de este tramo es bastante constante, estando comprendida entre 110 y 120 m.

Litológicamente consiste en arcillas calcáreas y limos, de tonalidades pardo-rojizas y grises, con frecuentes intercalaciones de calizas arcillosas blanquecinas y de calizas arenosas grises. Los bancos, de 10 a 30 cm., unas veces se presentan aislados y otras apilados, sin sobrepasar de todas las maneras el metro.

Las muestras recogidas son azoicas; no obstante, por la posición estratigráfica, puede atribuirse al Vindoboniense Superior, ya que representan el paso lateral de los «Yesos de Monteagudo». Quizá los niveles más altos lleguen incluso al Pontien- se.

### 2.2.4.2 «Yesos de Monteagudo». Unidad $T_{c11-12}^{Bb-Bc}$

Esta unidad equivale, en facies de yesos y de arcillas, a la Formación Tudela.

El tramo basal yesífero, con un espesor de unos 5 m., forma un escarpe bastante persistente, en cuya ladera está ubicado el pueblo de Ablitas. Estos niveles atraviesan el Queiles, bajo los depósitos cuaternarios del mismo río, y vuelven a aflorar en Monteagudo, donde a unos 100 m. del mismo pueblo desaparecen por cambio de facies con la unidad  $T_{c11}^{Bb-Bc}$ , esencial- mente detrítica, con algún episodio carbonatado. Justo en este lugar fue descubierto, por el P. E. LACARRA, el yacimiento de vertebrados que lleva

el nombre de la mencionada localidad (CRUSAFONT, TRUYOLS y RIBA, 1966). No obstante, esta unidad alcanza su mayor desarrollo en la margen derecha del río, entre Ablitas y la Muela de Borja, a cuyo pie queda recubierta por los sedimentos fundamentalmente terrígenos de la unidad T<sub>c11-12</sub><sup>Bb-Bc</sup>, que describiremos a continuación.

En la vertiente suroriental de la Muela, al NO. de Borja, aparece un tramo de poca extensión predominantemente yesífero, de unos 20 m. de potencia y de características litológicas análogas a los yesos anteriormente considerados. Sin embargo, ocupan una posición estratigráfica más alta que éstos, que posiblemente cambien de facies en este mismo sentido.

La potencia de esta unidad, considerada en el lugar donde alcanza su máximo desarrollo, es de unos 100 m.

Se caracteriza por estar formada por yesos y arcillas, más o menos limosas, de color rojo, y areniscas yesíferas.

Los yesos, en bancos de 0,5 a 1,5 m., a veces presentan grandes nódulos de sílex y un elevado contenido en carbonato cálcico. Estos alternan con yesos sacaroideos gris verdosos, con bastante fracción terrígena, que en ocasiones pueden englobar grandes nódulos de yeso alabastrino, muy puro. Los yesos referidos se explotan para obtener cal.

Frecuentemente se observa entre los yesos algún delgado lentejón de una arcilla gris azulada, muy pura, denominada «tierra de batán». Dicha arcilla tiene propiedades medicinales.

Las areniscas son de grano fino y contienen granos de cuarzo y fragmentos de calizas, englobados en una matriz arcillosa y en un cemento yesífero.

Las arcillas y limos de tonos rojizos enmascaran gran cantidad de yeso.

A raíz de la revisión estratigráfica y paleontológica efectuada por RUIZ DE GAONA, VILLALTA y CRUSAFONT (1946) en el yacimiento de Monteagudo, salen a la luz los nuevos ejemplares paleomastológicos siguientes (CRUSAFONT, TRUYOLS y RIBA, 1966):

- Ceratorhinus sansaniensis*, LARTET;
- Ceratorhinus* sp. (de gran talla);
- Anchiterium aurelianense*, CUVIER;
- Listriodon splendens*, V. MEYER, var. *major*, ROMAN;
- Palaeomeryx kaupi*, MEYER, y
- Mastodon angustidens*, CUVIER.

Se trata de una asociación faunística del Vindoboniense, probablemente bastante alto.

Los términos superiores de esta unidad quizá lleguen hasta el Ponticense, pues se pueden correlacionar con bastante exactitud con una serie de yaci-

mientos de gasterópodos, localizados en otra unidad, que han dado esa edad. El único microorganismo encontrado en este tramo es la *Cypria curvata*.

#### 2.2.4.3 Unidad T<sub>ct1-12</sub><sup>Bb-Bc</sup>

Esta unidad, que se distribuye muy irregularmente por gran parte de la Hoja, se caracteriza fundamentalmente por presentar notables cambios de facies con todas las formaciones, excepto con la Formación Alfaro, a las que además va recubriendo paulatinamente. Por tanto, el espesor varía mucho según el lugar que se considere. Entre Vierlas y El Buste la potencia es de unos 330 m.

Desde un punto de vista litológico, se caracteriza por estar integrada por un conjunto de depósitos de diferente naturaleza, los cuales se disponen en bancos y niveles, más o menos extensos, que constantemente cambian de facies.

Desde Vierlas a El Buste se han diferenciado, de base a techo, los siguientes tramos:

1. Alternancia de arcillas limosas pardo-rojizas, areniscas, conglomerados y calizas.

Las areniscas están formadas por granos de cuarzo y fragmentos de calizas englobados en un cemento tipo micrita y tipo esparita. Por lo general, el grano es fino y el espesor de las capas es de 10 a 30 cm.

En ocasiones se encuentran asociadas a los conglomerados, con los cuales constituyen depósitos de canal. Estos bancos de base erosiva y poca extensión lateral no sobrepasan el metro.

Las calizas, normalmente en capas de 10 a 30 cm., unas veces son muy arenosas, y otras, arcillosas de tonos blanquecinos.

Frecuentemente contienen nódulos de sílex.

2. Arcillas limosas pardo-rojizas, con frecuentes intercalaciones de areniscas y de calizas arcillosas blanquecinas. Estas últimas muy espaciadas.

Las areniscas, de grano medio a fino, unas veces forman capas extensas, normalmente de 10 a 50 cm. de potencia, con óndulas de corriente, y otras, representan depósitos de canal de pequeñas dimensiones.

Son de la misma naturaleza que las que aparecen en el tramo anterior. Lo mismo ocurre con las calizas arcillosas.

3. Arcillas y limos de tonalidades rojas y pardo-amarillentas, con bancos interestratificados de calizas arenosas, calizas arcillosas, a veces con nódulos de sílex, margas limolíticas compactas con sílex y, hacia el techo, algún nivel arenoso.

Las capas de caliza, normalmente de 20 a 50 cm. de potencia, se encuentran aisladas o apiladas en gruesos paquetes que, en ocasiones, alcanzan los 10 m.

Las margas limolíticas con nódulos de sílex se disponen en capas del mismo espesor, por lo general asociadas a las calizas con sílex y también a delgados niveles de arcillas gris azuladas bastante puras («tierra de batán»). Estos bancos contienen una abundante fauna de Gasterópodos.

Los términos superiores presentan una acumulación de arenas, poco coherente, en las que predominan los granos de cuarzo (80 por 100). Estos depósitos, de unos 5 m. de potencia, con una marcada estratificación cruzada, es posible que sean de origen eólico. Actualmente se explotan.

En el extremo suroriental, concretamente en las inmediaciones de Borja, esta unidad comienza por un tramo de yesos, al que se superpone una serie de limos yesíferos de coloración rojiza.

Los resultados del estudio micropaleontológico son totalmente negativos, ya que todas las muestras son azoicas. Sin embargo, en los niveles margosos mencionados se ha encontrado la siguiente asociación de Gasterópodos:

*Hydrobia dubia*, SCHLOS;  
*Bythinia gracilis*, SANOB;  
*Helix gualinoi*, MICHAU;  
*Helix supracostata*, SANOB, y  
*Planorbis thiollieri*, MICHAUD.

Asociación faunística del Pontiense.

Los términos inferiores descansan directamente sobre el nivel de yesos del yacimiento de Monteagudo, por lo que sin duda corresponden al Vindoboniense Superior. De ahí que esta unidad pueda datarse con bastante exactitud como Vindoboniense-Pontiense.

## 2.2.5 Pontiense

### 2.2.5.1 Unidad T<sub>c12</sub><sup>Bc</sup>

Los sedimentos miocenos terminan en el ángulo SE. con la unidad en cuestión. Está formada por calizas compactas, a veces arcillosas y hasta silíceas, que dan un marcado relieve en la Hoja, constituyen La Muela de Borja, y en cuya vertiente norte se emplaza el pueblo de El Buste. Son perfectamente identificables con las calizas de los páramos, netamente pontienses.

Tienen un espesor aproximado de unos 60 a 70 m.

Las calizas son de tipo tobáceo, estando formadas por restos vegetales

(algas), tanto tallo como hojas, que confieren a la roca una estructura concrecionada.

El contacto con la unidad anterior queda totalmente recubierto por derrumbios de ladera, por lo que es imposible saber si se trata de un contacto normal o un contacto discordante, o bien si existe una diacronía estratigráfica. A la vista de una serie de factores, nos inclinamos a pensar en la última conjetura, es decir, en que existe hacia el Sur un desplazamiento de las capas en sentido estratigráfico ascendente.

#### 2.2.5.2 Unidad Tc<sub>c12</sub><sup>Bc</sup>

Esta unidad, que aflora en el ángulo NO., está separada de las facies detríticas marginales que integran la Formación Fitero por una discordancia angular muy tenue, no observándose más que un suave contraste morfológico entre las capas inferiores y superiores, que se manifiesta solamente a cierta distancia.

Litológicamente consiste en un tramo de conglomerados, compuestos por gravas y bloques muy heterométricos y poco rodados, formados de cuarcitas y pizarras paleozoicas, y de calizas y de areniscas mesozoicas. Los cantos están englobados en un cemento arenoso-limoso poco coherente.

Dichos conglomerados antiguamente eran considerados como depósitos cuaternarios de diferentes tipos (morrenas, depósitos de ladera, etc.). Posteriormente se ha comprobado que no pertenecen al Cuaternario. Así, pues, RIBA (1955) atribuye a los mismos una edad Vindoboniense-Pontiense, basándose en una serie de consideraciones tectónicas y geomorfológicas.

Nuestra opinión al respecto es que están en discordancia sobre los conglomerados del Aquitaniense-Pontiense de la Formación Fitero, siendo, por tanto, equivalentes en edad a las calizas de algas de la Muela de Borja (unidad T<sub>c12</sub><sup>Bc</sup>), datadas como Pontiense.

### 2.3 CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios, que recubren de una manera discontinua la región, son fundamentalmente las terrazas de los ríos Ebro y Queiles, las cuales están formadas por una acumulación de cantos alóctonos de procedencia longitudinal. También destacan, ocupando una menor extensión, una serie de glaciares con cantos procedentes del NO. y del SO.

Frecuentemente las terrazas van asociadas a glaciares, formando un mismo conjunto morfológico.

Los depósitos de relleno de valle o fondo aluvial, originados por los arroyos que drenan los valles, guardan una estrecha relación con las terrazas de inundación y las terrazas bajas de los ríos Queiles y Ebro, por lo que han sido cartografiados conjuntamente.

En la presente Hoja se hallan representados, en el ángulo NE., únicamente los niveles de terrazas del Ebro comprendidos entre 10 y 20 m., entre 60 y 70 m. y entre 70 y 80 m.; estos dos últimos no se han diferenciado. Este sistema de terrazas ha sido atribuido, de una manera arbitraria, al Pleistoceno.

Por otra parte, la terraza de inundación y quizá alguna terraza superior del Queiles, que no se ha podido separar, junto con el fondo aluvial de los arroyos y los glaciares asociados, se han cartografiado como una misma unidad morfológica. Siguiendo el criterio empleado en las restantes Hojas del Valle del Ebro, se ha datado también de una forma convencional como Holoceno.

Los criterios empleados en la separación cronológica de las terrazas no podemos aplicarlos a los glaciares. Por ese motivo los hemos dado como indiferenciados.

### 2.3.1 Pleistoceno

#### 2.3.1.1 Nivel de terraza $Q_1^{T1}$

Como hemos dicho, pertenece al sistema de terrazas del río Ebro, y comprende indistintamente los niveles de altitud relativa de 60/70 m. y de 70/80 m.

Se trata de terrazas colgadas, constituidas por gravas poligénicas con cantos muy heterométricos, subredondeados y redondeados, entre los que predominan los de caliza mesozoica y eocena, y los de arenisca y cuarcita permotriásica. El cemento que une los cantos es poco coherente. Con frecuencia se intercalan lentejones de arenas, limos y arcillas, ricos en materia orgánica.

#### 2.3.1.2 Nivel de terraza $Q_1^{T02}$

Se encuentra a una altura sobre el nivel actual del Ebro de 10/20 m.

Corresponde a una terraza colgada, como la anterior, que se caracteriza por estar asociada a un glacis sin solución de continuidad.

Consta casi exclusivamente de gravas con cantos, relativamente homométricos, de calizas secundarias y eocenas, y de cuarcitas y areniscas permotriásicas, englobadas en una matriz arenosa, poco coherente. En algunas zonas, se observan lentejones de arenas blanco-amarillentas, con cantos englobados, así como lechos arenosos ricos en materia orgánica y, además, niveles de caliche.

### 2.3.2 Holoceno

#### 2.3.2.1 Nivel $Q_2^{AlG}$

Representa principalmente la terraza de inundación actual del Queiles,

y probablemente alguna terraza superior y glacis que no se han podido diferenciar. También incluimos el relleno de valle o fondo aluvial de los pequeños arroyos, que drenan la región. Por lo general, estos recubrimientos de origen fluvial enlazan con glacis, con los que forman un mismo conjunto morfológico.

En la zona de confluencia de los ríos Queiles y Ebro (Hoja de Tudela, 282), este nivel se confunde con la terraza baja del Ebro (nivel de 5/10 m.).

Esta terraza presenta la secuencia fluvial típica, con gravas y arenas en la mitad inferior, y arcillas y limos en la mitad superior.

Los depósitos de relleno de valle están constituidos esencialmente por materiales finos (arcillas y limos), a veces con abundante yeso disperso.

### 2.3.3 Pleistoceno-Holoceno

#### 2.3.3.1 *Glacis*. Q<sub>1-2</sub><sup>G</sup>

Se asientan normalmente sobre las facies detríticas marginales del borde meridional de la Depresión del Ebro. Su desarrollo está favorecido por las buenas condiciones de los materiales subyacentes a ser erosionados, y por la presencia de materiales en el borde sur, fácilmente derrubiables.

Litológicamente están constituidos por cantos, por lo general muy heterométricos, más o menos rodados, envueltos en un cemento poco coherente de arcillas y limos calcáreos.

## 3 TECTONICA

En general, el Terciario Continental se presenta formando una serie monoclinial sensiblemente horizontal, con buzamientos muy suaves de 2 a 3 grados hacia el Sur, y sólo en las estribaciones norteñas de la Muela de Borja, en su descenso hacia Tarazona, hemos podido apreciar un ligero aumento en la inclinación de las capas hacia el Sureste.

Los pliegues centrales de cuenca, probablemente intumescencias salinas de fondo plano (RIBA, 1964), de origen halocinético, que producen trastornos en la sedimentación miocena, aquí tienen poca intensidad. La falta de materiales evaporíticos oligocenos y la gran masa de sedimentos miocenos acumulados, hacen que los efectos de la migración de las sales queden prácticamente amortiguados. Únicamente los yesos del Vindoboniense, desarrollados en esta región, pueden dar origen a fenómenos meramente locales.

Hay que señalar la discordancia angular entre los conglomerados pontienses, discontinuos, de la unidad Tcg<sub>12</sub><sup>Bc</sup> y la Formación Fitero. Parece ser que los depósitos referidos fosilizan un relieve preexistente, y llegan a cicatri-

zar, en los alrededores de Fitero (Hoja de Cervera del Río Alhama, 281), el cabalgamiento de Cameros sobre la Depresión del Ebro.

Las relaciones entre los materiales del Terciario Continental y los del Mesozoico, en esta zona, y, en líneas generales, desde Fitero hacia el SE., son mediante una discordancia neta, a diferencia de la parte del borde sur comprendida entre Fitero y Pradoluengo, que tienen lugar, casi en su totalidad, a través de una falla cabalgante, como ya se ha mencionado en el párrafo anterior.

#### 4 HISTORIA GEOLOGICA

En este apartado centraremos la atención, en lo que a evolución paleogeográfica y tectónica (fases de plegamiento) se refiere, al Terciario Continental, ya que la interpretación, en este sentido, de los depósitos del Jurásico marino y del Jurásico terminal y Cretácico basal continentales (facies «Purbeck»), tal como aparecen en la Hoja, es absolutamente imposible de realizar. Únicamente nos limitaremos a describir someramente el ambiente sedimentario en relación con las características litológicas y sedimentológicas de los materiales en cuestión.

En esta región, el desarrollo de las facies marinas del Jurásico continuó hasta el Oxfordiense-Kimmeridgiense ( $J_{31-32}$ ). En el Kimmeridgiense se produjo la regresión definitiva del mar y dicha región se vio ocupada por una gran cuenca de tipo deltaico, en la cual se depositaron enormes espesores de materiales terrígenos procedentes de la denudación del Macizo Castellano. Bajo estas condiciones se formaron el Grupo de Tera (Jurásico terminal,  $J_{P32-33}$ ) y el Grupo de Oncala (Cretácico basal,  $C_{P11-12}$ ).

La sedimentación de las areniscas del Grupo de Tera en esta zona se caracteriza por un ambiente paleogeográfico de cotas muy bajas, próximas ya al nivel del mar.

El Grupo de Oncala, que ocupa el ángulo SO., se caracteriza por una deposición clástica de elementos finos en ambiente de agua dulce, y una precipitación caliza en ambiente de agua salobre. Ambiente, pues, con frecuentes estancamientos de aguas salobres en lagos y lagunas, y migración continua de los mismos ante las frecuentes avalanchas de sedimentos, fluviales, de procedencia SO., como se deduce de las estructuras de corriente de las cuarzarenitas.

El ambiente era pobre en oxígeno, reductor, propicio para la formación de cubos de pirita.

Desde un punto de vista sedimentológico, hay que destacar el paso gradual en sentido ascendente de las margas a limolitas y areniscas de grano fino.

De todo lo expuesto se desprende que el proceso sedimentario de la

Formación Weáldica (facies «Purbeck») tuvo lugar dentro del ámbito de un extenso delta fluvial, que estaría en conexión con el mar hacia el Este-Noreste.

En lo que respecta al Terciario Continental, cabe señalar, en líneas generales, una continua y lenta traslación del surco sedimentario hacia el S., desde el Eoceno Superior al Pontiense. Este fenómeno es correlativo al levantamiento de los Pirineos. Por tanto, los sedimentos miocenos representados en esta región, que ocupan una posición claramente desplazada hacia el Sur dentro del conjunto estratigráfico de la Depresión del Ebro, señalan la migración más meridional de la cubeta sedimentaria del Ebro. Este hecho viene avalado por la distribución de las facies yesíferas, que corresponden a las facies centrales de cuenca. Así, los yesos más antiguos (yesos de Puente la Reina o Undiano) se sitúan en la parte más septentrional, mientras que los más modernos, como los «Yesos de Monteagudo» ( $Ty_{c11-12}^{bb-Bc}$ ), son los más meridionales. Vemos, pues, que su distribución, y en general la de todas las facies, es netamente diácrona.

La disposición de las facies durante el Mioceno, en el borde meridional, sigue la tónica general que caracteriza este tipo de ambiente sedimentario.

Tras la sedimentación evaporítica durante el Oligoceno Superior y Aquitaniense Inferior (Formación Lerín: Hoja de Tudela, 282), después de la primera fase de la orogenia alpina, se producen principalmente en la parte central de la Depresión, debido a los movimientos halocinéticos de los yesos infrayacentes, un buen número de cubetas sedimentarias, subsidentes, con un desarrollo en cierto modo autónomo. Por el contrario, hacia el Sur, concretamente en la zona que nos ocupa, los efectos halocinéticos de los yesos se amortiguan, y, en consecuencia, se establece un área de sedimentación más continua, donde las facies litológicas guardan una estrecha relación.

A partir del Aquitaniense Superior hasta el Pontiense, las facies de centro de cubeta son básicamente arcillosas y carbonatadas (Formación Tudela, y, en parte, la unidad  $T_{c11-12}^{bb-Bc}$ ), exceptuando los depósitos yesíferos de Monteagudo ( $Ty_{c11-12}^{bb-Bc}$ ), del Vindoboniense, y algún otro episodio evaporítico de la unidad  $T_{c11-12}^{bb-Bc}$ , que representan las facies centrales propiamente dichas de la cubeta sedimentaria del Ebro.

En la vecina Hoja de Tudela (282) se inicia, hacia el SO., el paso lateral de estas facies a unas más terrígenas de arcillas y limos rojos, con capas de areniscas con óndulas de corriente y algún paleocanal. Son las facies fluviolacustres de la Formación Alfaro, con paleocorrientes bastante claras hacia el centro de la cubeta. En la zona que nos ocupa, la formación referida llega ya hasta el Vindoboniense. No obstante, el cambio de facies no es total, quedando recubierta por los términos más altos de la Formación Tudela.

Al oeste de Cascante y Monteagudo, o sea, hacia el borde meridional de la cuenca, aparecen unos depósitos fluviales, formados por arcillas y limos con canales conglomeráticos de ríos no meandriformes, entre los que quedan zonas más restringidas en las que pueden depositarse finas capas de caliza (Formación Cascante, unidad  $T_{C_{11}}^{Bb-Bc}$  y tramo basal de la unidad  $T_{C_{11-12}}^{Bb-Bc}$ ).

Estas facies representan la parte más distal de los abanicos aluviales del borde de la cuenca, formados esencialmente por conglomerados (Formación Fitero). Estos materiales, transgresivos y discordantes, vienen a apoyarse directamente sobre la serie Weáldica de la Cordillera Ibérica.

Por último, la formación miocena termina, por el SE., con las calizas de algas del Pontiense, que presentan una estructura orgánica característica, la cual denota aguas poco profundas cargadas de carbonato calcáreo.

En el ángulo NO. descansan discordantes sobre la Formación Fitero los conglomerados, al menos en esta zona, del Pontiense. En los alrededores de Fitero llegan a fosilizar el contacto mecánico del Mesozoico con el Terciario.

Estos hechos ponen de manifiesto que la «gran falla» del borde meridional del Valle del Ebro, de Fitero hacia el SE., se amortiguó totalmente mucho antes del final del Mioceno.

## 5 GEOLOGIA ECONOMICA

### 5.1 MINERIA Y CANTERAS

Actualmente son objeto de explotación los primeros bancos de la formación yesífera de Monteagudo y Ablitas ( $T_{C_{11-12}}^{Bb-Bc}$ ), con un espesor de unos cinco metros. En el último pueblo mencionado existen dos canteras. El yeso se emplea para la obtención de cal.

La serie miocena también presenta tramos arcillosos, que se explotan para la fabricación de ladrillos. En Santa Cruz del Moncayo hay una cantera de arcillas rojas (unidad  $T_{C_{11-12}}^{Bb-Bc}$ ) destinada a tejería.

La carretera de El Buste a Vierlas, a la altura del kilómetro 1, corta unos niveles, de unos 5 m. de espesor, de arenas con un alto porcentaje en granos de cuarzo (80 por 100), que también son objeto de explotación.

Por otra parte, el sílex o pedernal es el mineral más difundido en toda la Hoja, ya acompañando al yeso, como en Monteagudo, Ablitas y NO. de Borja, ya en las calizas y margas limolíticas calcáreas, bajando de El Buste a Vierlas, y en el término de Malón (unidad  $T_{C_{11-12}}^{Bb-Bc}$ ). En este último lugar, en 1953 se sacaron unas 3.000 toneladas, que, en su totalidad, se enviaron a Hernani y Orio (Guipúzcoa), para utilización como material refractario.

## 5.2 HIDROGEOLOGIA

Desde un punto de vista hidrogeológico, los niveles que ofrecen mayor interés son los depósitos cuaternarios que constituyen la llanura aluvial del Queiles, y los bancos detríticos de la Formación Fitero, que ocupan el ángulo suroeste de la Hoja. El resto de las formaciones, por poseer malas condiciones de permeabilidad o por tener reducidas dimensiones, o bien por quedar colgadas, únicamente hay que tenerlas en consideración para abastecimientos locales.

Todos los pozos de la región se sitúan en la llanura aluvial del Queiles. Entre ellos destaca el pozo empleado para abastecimiento de Cascante, el cual, con una profundidad de 10 a 12 m., da un caudal de unos 30 l/s.

Por otro lado, las potentes formaciones terciarias poco permeables no se prestan a la formación de grandes manantiales; claro está, si exceptuamos los bancos detríticos que dan lugar al nacedero de San Juan, dentro de la ciudad de Tarazona.

Aunque salga fuera de los límites de la Hoja, conviene señalar, por su gran importancia, el nacedero de Vozmediano, situado en las inmediaciones del mismo pueblo. Este manantial, que da origen al Queiles, drena una serie caliza del Mesozoico, posiblemente perteneciente a la unidad  $C_{P11-12}$ .

## 6 BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR, M. (1971).—«Consideraciones generales sobre la sedimentación y paleogeografía del Albense de la Cuenca Cantábrica». *Est. Geol.*, V. XXVII, pp. 325-334, agosto 1971. Instituto «Lucas Mallada», C. S. I. C. (España).
- AGUILAR, M.; RAMIREZ DEL POZO, J., y RIBA, O. (1971).—«Algunas precisiones sobre la sedimentación y paleoecología del Cretácico Inferior en la zona de Utrillas-Villarroya de los Pinares (Teruel)». *Est. Geol.*, V. XXVII, pp. 497-512, diciembre 1971. Instituto «Lucas Mallada», C. S. I. C. (España).
- ALASTRUE, E. (1958).—«Nota sobre la estratigrafía de Las Bárdenas en su extremo meridional». *N. y C. del I. G. M. E.*, núm. 50, fasc. 2, Madrid.
- ALVARADO, M.; COMBA, J.; OCHOA, J., y RIOS, J. M. (1960).—«Memoria explicativa de la Hoja 204, Logroño». *I. G. M. E.*, 48 págs. 18 figs.
- ALLEN, J. R. L. (1965).—«The sedimentation and Paleogeography of the Old Red Sandstone of Anglesey, North-Wales». *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*, 35 (8), pp. 139-185.
- BATALLER, J., y LARRAGAN, A. de (1957).—«Memoria explicativa de la Hoja 320, Tarazona». *I. G. M. E.*, 44 págs., 12 láms.

- BEROIZ, C. (1972).—«Memoria explicativa de la Hoja 244, Alfaro, del Mapa 1:25.000 de la Diputación Foral de Navarra». Documentación interna. Pamplona (Inédita).
- (1972).—«Memoria explicativa de la Hoja 282, Tudela, del Mapa 1:25.000 de la Diputación Foral de Navarra». Pamplona (Inédita).
- BEUTHER, A.; KNEUPER-HAACK, F.; MENSINK, H., y TISCHER, G. (1966).—«El Jurásico y el Wealdense en el NE. de España». *Instituto Federal de Investigaciones Geológicas y Servicios Geológicos Regionales de la República Federal Alemana*.
- BOMER, B., y RIBA, O. (1965).—«Deformaciones tectónicas recientes por movimiento de yesos en Villafranca de Navarra». *Com. C. 6-3 del tomo V de las publ. del I Coloquio Intern. sobre las obras públicas en terrenos yesíferos*. Madrid.
- CARBAYO, A.; CASTIELLA, J., y SOLE, J. (1974 a).—«Memoria explicativa de la Hoja 172, Allo, escala 1:25.000». *Diputación Foral de Navarra*. (Inédita.)
- (1974 b).—«Memoria explicativa de la Hoja 171, Viana, del Mapa de Navarra a escala 1:25.000». *Diputación Foral de Navarra*. Pamplona. (Inédita.)
- CRUSAFONT-PAIRO, M., y GOLPE-POSSE, J. M. (1974).—«Nuevos yacimientos del Terciario Continental del NE. de España». *Acta Geol. Hisp.*, tomo IX, núm. 3, pp. 81-83.
- CRUSAFONT-PAIRO, M.; TRUYOLS SANTONJA, J., y RIBA ARDERIU, O. (1966).—«Contribución al estudio de la estratigrafía del Terciario Continental de Navarra y Rioja». *N. y C. del I. G. M. E.*, 90, pp. 53-76.
- DEPAPE, G. (1953).—«Sur une flore wealdienne d'Espagne». *C. R. Acad. Sci.*, 236, pp. 732-734, París.
- FALLOT, P. (1931).—«Note préliminaire sur le Crétacé de la région de Soria». *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 31, 7, 1-7, Barcelona.
- (1934).—«Sur les connexions de la chaîne ibérique». *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 33, 8-9, pp. 382-387, Barcelona.
- FLORISTAN SAMANES, A. (1951).—«La Ribera Tudelana de Navarra». *Diputación Foral de Navarra e Inst. J. S. Elcano, C. S. I. C.*, 316 págs., 40 figs., 63 láms., Zaragoza.
- HERNANDEZ-PACHECO, F. (1947).—«Rasgos fisiográficos y geológicos del suroeste y este de las tierras navarras». *Rev. Príncipe de Viana*, t. 8, núm. 26, pp. 73-86, Pamplona.
- (1949).—«Las Bárdenas Reales. Rasgos fisiográficos y geológicos». *Rev. Príncipe de Viana*, año 10, núm. 37, pp. 472-440, 9 láms., fig. 3.
- JEREZ, L., y ESNAOLA, J.—«Memoria explicativa al Mapa geológico de la provincia de Logroño». *I. G. M. E.* (Inédito.)
- MALDONADO, A. (1971).—«Memoria explicativa de la Hoja 283, Fustiñana, del Mapa 1:25.000». *Diputación Foral de Navarra*. Pamplona. (Inédita.)

- MENDIZABAL, y CINCUNEGUI, M. (1932).—«Nota acerca de la extensión del Oligoceno en Navarra». *Información de carácter geológico, 2.ª Región. N. y C. del I. G. M. E.*, núm. 4, pp. 140-142.
- MENSUA, S. (1960).—«La Navarra Media oriental. Estudio Geológico». *Instituto «Príncipe de Viana», Dep. Geol. Aplic., Zaragoza, Serv. Reg. 8*, 186 páginas, 40 figs., 25 láms.
- PALACIOS, P., y SANCHEZ LOZANO (1885).—«La Formación Wealdense en las provincias de Soria y Logroño». *Bol. Com. Mapa Geol. España*, 12, pp. 109-140, Madrid, 1885.
- PANZER, W. (1948).—«El desarrollo de los valles y el clima de la época cuaternaria en el NE. de España (1926)». *Trad. Esp. de C. V. en Est. Geogr.*, núm. 30, pp. 79-130, Madrid.
- PUIGDEFABREGAS, C. (1971).—«Memoria explicativa de la Hoja 206, Peralta, del Mapa 1:25.000». *Diputación Foral de Navarra*. Pamplona (inédita).
- (1972).—«Memoria explicativa de la Hoja 173, Tafalla, del Mapa 1:25.000». *Diputación Foral de Navarra*. Pamplona (Inédita.)
- (1973).—«Miocene point-bar deposits in the Ebro Basin. Northern Spain». *Sedimentology*, V. 20, núm. 1, pp. 133-144.
- (1975).—«La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca». Tesis leída en la Facultad de Ciencias de Barcelona. (Próx. publicación en Pirineos).
- RAT, P. (1959).—«Les pays crétacés basco-cantabriques (Espagne)». Thèse Fac. Sc. Dijon, 525 págs., Dijon.
- RAMIREZ DEL POZO, J. (1971).—«Bioestratigrafía y microfacies del Jurásico y Cretácico del norte de España (Región Cantábrica)». *Mem. del I. G. M. E.*, t. 78, Madrid.
- RAMIREZ DEL POZO, J., y AGUILAR, M. (1969).—«Ciclotemas en el Aptense Superior y Albense Inferior de Nograro (Alava)». *Acta Geol. Hisp.*, t. IV, núm. 5, pp. 113-118. Instituto Nacional de Geología, C. S. I. C. (España).
- RIBA, O. (1955).—«Sur le type de sédimentation du Tertiaire Continental de la part ouest du Bassin de l'Ebre». *Geol. Rundschau*, t. 43, núm. 2, pp. 363-371, fig. 1, Stuttgart.
- (1964).—«Estructura sedimentaria del Terciario Continental de la Depresión del Ebro en su parte riojana y Navarra». *Aportación española al XX Congr. Geogr. Int. Reino Unido*, pp. 127-138, fig. 4, Zaragoza.
- RIBA, O., y BOMER, B. (1957).—«Les terrasses et glacis du bassin de l'Ebre dans la Ribera de Navarra et la Rioja Baja». *Livr. Guide Ex. núm. 3, Villafranchien de Villarroya. INQUA, Congr. Int. Madrid-Barcelona*, pp. 7-10, map. 1, fig. 1, Barcelona.
- RIBA, O., y LLAMAS, M. (1962).—«Libro-guía del viaje de estudios núm. 3, Canal de Lodosa-Presa de Alloz». *I Coloquio Internacional sobre Obras Públicas en terrenos yesíferos. R. S. E. Hist. Nat.*, p. 335, Madrid.

- RIBA, O., y PEREZ-MATEOS, Josefina (1962).—«Sobre una inversión de aportes sedimentarios en el borde N. de la cuenca terciaria del Ebro». *II Reunión de Sedimentología, Sevilla, 1961. C. S. I. C. Inst. de Edafología, Madrid*, pp. 201-222.
- ROJAS, B. J. de; LATORRE, F., y FERNANDEZ-VARGAS, E. A. (1971).—«Contribución al conocimiento de la última fase de los movimientos mesoalpinos en las provincias de Navarra, Zaragoza y Huesca». *Congreso de Geol. Económica Hispano-Luso-Americano. Madrid*.
- RUIZ DE GAONA, M.; VILLALTA COMELLA, y CRUSAFONT-PAIRO, M. (1946). «El yacimiento de mamíferos fósiles de las yeseras de Monteagudo (Navarra)». *N. y C. del I. G. M. E.*, núm. 16, pp. 159-182, Madrid.
- SANCHEZ LOZANO (1894).—«Descripción física, geológica y minera de la provincia de Logroño». *Mem. Map. Geol. España*, 18, pp. 548, Madrid, 1894.
- SOLE SABARIS, L. (1953).—«Terrazas cuaternarias deformadas en la cuenca del Ebro». *Mem. R. Acad. Ciencias Art. Barcelona*, t. 31, núm. 7, pp. 239-258, 2 figs.
- (1954).—«Sobre la estratigrafía de Las Bardenas y los límites del Oligoceno y del Mioceno en el sector occidental de la Depresión del Ebro». *Real Soc. Esp. de Hist. Nat.*, tomo Extr. *Hernández Pacheco*, pp. 637-658.
- SOLE SEDO, J. (1972 a).—«Formación de Mues: Litofacies y procesos sedimentarios». Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias de la Universidad de Barcelona (inédita).
- (1972 b).—«Memoria explicativa de la Hoja 207, Sos del Rey Católico, del Mapa 1:25.000». *Diputación Foral de Navarra. Pamplona* (inédita).
- SOLER, M., y PUIGDEFABREGAS, C. (1970).—«Líneas generales de la geología del Alto Aragón Occidental». *Pirineos*, 96, pp. 5-20.
- VALLE, A. del; MENDIZABAL, J. y CINCUNEGUI, M. (1935).—«Memoria explicativa de la Hoja 244, Alfaro». *I. G. M. E.*, 22 págs., 12 figs.