



IGME

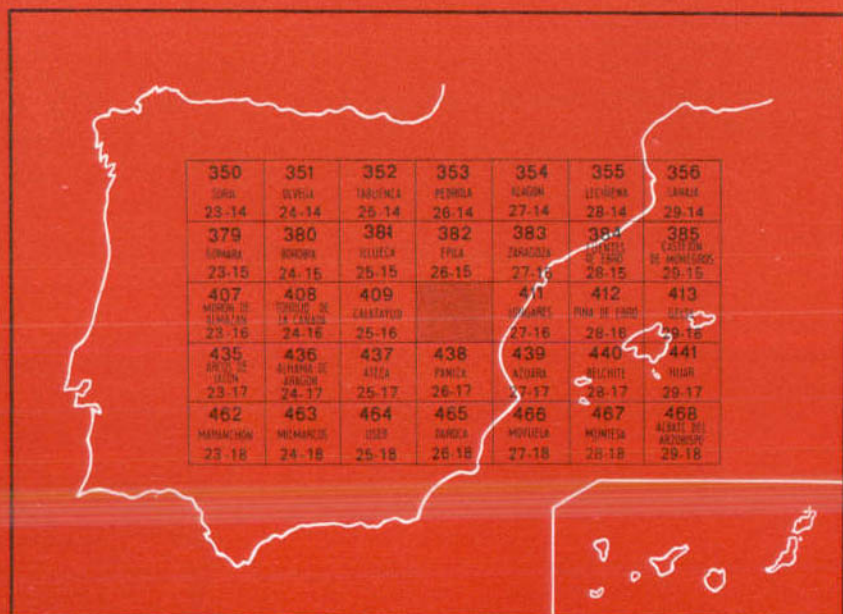
410**26-16**

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

LA ALMUNIA DE D.ª GODINA

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA
E. 1:50.000

LA ALMUNIA DE D.^A GODINA

Segunda serie - Primera edición

SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Esta Hoja y Memoria han sido realizadas por Compañía General de Sondeos, S. A., utilizando un equipo de su División de Geología integrado por A. Hernández Samaniego, E. Aragonés Valls, M. Aguilar Tomás y J. Ramírez del Pozo bajo normas, dirección y supervisión del IGME, habiendo intervenido:

En Cartografía y trabajos de campo, A. Hernández Samaniego y E. Aragonés Valls; en Laboratorio (Petrografía, Sedimentología y Micropaleontología), M. J. Aguilar Tomás y J. Ramírez del Pozo; en integración de datos, confección final de la Hoja y Memoria, A. Hernández Samaniego y E. Aragonés Valls. En Macropaleontología del Paleozoico, G. L. García Alcalde y M. Arbizu Senosiain, del Departamento de Paleontología de la Universidad de Oviedo; la Macropaleontología del Mesozoico ha sido determinada en el Laboratorio de E. T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid. La coordinación y dirección de los trabajos ha corrido a cargo de J. Ramírez del Pozo.

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 - Doctor Fleming, 7 - Madrid-16

Depósito Legal: M-43.271-1980

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

1 INTRODUCCION

La Hoja de La Almunia está situada en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica, incluyendo una parte de la Depresión del Ebro. Administrativamente, está comprendida en la provincia de Zaragoza.

El relieve es abrupto en el sector occidental de la Hoja, con alturas de hasta 1.400 m. en la Sierra de Vicort, mientras que el sector nororiental está muy poco accidentado, oscilando las cotas entre 400 y 600 m. La red fluvial está constituida por los ríos Jalón, al Norte, y Grío, que atraviesa la Hoja de Sur a Norte.

Los núcleos de población son relativamente numerosos, destacando por su importancia las localidades de La Almunia, Morata de Jalón, Cariñena y Alfamén.

El área está cubierta por depósitos Precámbricos, Paleozoicos (Cámbrico, Ordovícico, Silúrico y Devónico), Triásicos, Jurásicos, Neógenos (Mioceno y Plioceno), y Cuaternarios.

Desde el punto de vista estructural pueden separarse en la Hoja seis unidades: Zona estructural de Vicort, Zona estructural de Morata-Algairén, Fosa de Morés y Zona estructural de Ricla, situadas en la mitad occidental; Depresión del Ebro en la mitad oriental, y Depresión de Calatayud en el ángulo SO de la Hoja.

Hay que destacar la superposición de las etapas tectónicas de las orogénias Hercínica y Alpina. La caracterización de las etapas de plegamiento prehercínicas es problemática. La estructura hercínica tiene un estilo de ple-

gamiento y fractura, habiendo tenido lugar estas fases de plegamiento entre el Carbonífero Inferior y el Westfaliense. Las fases de la Orogenia Alpina sobre los materiales paleozoicos plegados originaron la compartimentación de estos siguiendo antiguas líneas estructurales. Los niveles plásticos Triásicos dan lugar a una Tectónica gravitacional o de deslizamiento.

Respecto a minería y canteras, la Hoja tiene un interés muy limitado. En cuanto a explotación de aguas subterráneas, es interesante el borde de la Depresión del Ebro.

La información previa, en lo que a cartografía geológica se refiere, se reduce a los mapas 1:200.000 [Síntesis de la cartografía existente, Hoja de Zaragoza] publicado por el IGME, el mapa de BARTSCH a E. 1:50.000, que comprende las sierras paleozoicas y a los de escala 1:25.000 realizados por CGS (inéditos), que cubren aproximadamente dos tercios de la superficie de la Hoja.

2 ESTRATIGRAFIA

Afloran en la Hoja de La Almunia materiales pertenecientes al Precámbrico, Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Triásico, Jurásico, Mioceno, Plioceno y Cuaternario.

El Precámbrico aflora en las proximidades de Aluenda, en el borde occidental de la Hoja.

Los materiales de edad comprendida entre el Cámbrico y el Silúrico Inferior ocupan una extensa área que cubre la mayor parte de la mitad occidental de la Hoja.

El Devónico Inferior ha sido identificado en un pequeño afloramiento en el paraje de la Mularroya, cerca de la carretera N-II.

El Triásico presenta tres afloramientos en el cuadrante nor-occidental de la Hoja, en El Frasnó, río Grío y Alpartir.

Los materiales jurásicos afloran en el citado cuadrante, existiendo además en el borde de la Depresión del Ebro, entre Alpartir y Almonacid de la Sierra.

El Neógeno de la Depresión del Ebro aflora al Norte de La Almunia y de Morata, y en el borde oriental de la Hoja.

Los depósitos cuaternarios forman una extensa banda NO-SE entre La Almunia y Cariñena, además de varios afloramientos a lo largo del valle del Grío, y pequeños depósitos asociados a cursos fluviales, recubrimientos coluviales y conos de deyección.

2.1 PRECAMBRICO (PC)

La unidad pizarrosa que forma el substrato de la Cuarcita de Bámbola, fue descrita por LOTZE (1929) con el nombre de Pizarras de Paracuellos, y atri-

buida al Cámbrico Superior. Más tarde (1961) el propio LOTZE las situó en el Precámbrico.

Se trata de esquistos gris-verdosos, formados por cuarzo, clorita, plagioclasa y opacos fundamentalmente, y por circón, turmalina y rutilo como accesorios detríticos. Presentan textura blastosamítica, algo amigdalara, por el distinto tamaño de grano de los agregados cuarzo-plagioclasa, en relación a la matriz clorítica. No se aprecia neoformación clara de minerales metamórficos, pero es evidente la recristalización orientada de cloritas, así como la orientación y alargamiento de los granos de cuarzo, con formación de flecos orientados. Es dudosa la presencia de albita de neoformación. Todo ello define un metamorfismo de baja intensidad, al igual que ocurre en Sierra de La Demanda (COLCHEN, 1974).

La potencia observada es en la vecina Hoja de Illueca de más de 1.500 m.

El contacto con los niveles basales del Cámbrico se presenta siempre mecanizado y aparentemente concordante, pero esta aparente concordancia puede ser debida a la propia mecanización.

2.2 CAMBRICO

La estratigrafía del Cámbrico de la Cordillera Ibérica fue descrita por LOTZE en 1929. En los trabajos posteriores se ha respetado la nomenclatura que el citado autor dio a las distintas unidades litoestratigráficas.

El propio LOTZE, junto con SDZUY (1961), realiza la biozonación y subdivisión del Cámbrico Inferior-Medio, modificadas más tarde por SDZUY (1971). Véase en la figura 1 la relación de las biozonas de SDZUY con las unidades litoestratigráficas.

Otras aportaciones al estudio del Cámbrico de la Ibérica, se deben a BARTSCH (1966), QUARCH (1967), SCHMIDT THOME (1968) y ALIAGA (1968), especialmente sobre estratigrafía y sedimentología del Cámbrico Inferior y Medio. Más tarde, SCHMITZ (1971) y JOSOPAIT (1972) han realizado el estudio estratigráfico de las Capas de Ateca, en las que identificaron el Tremado-ciense.

Teniendo en cuenta los trabajos de los autores citados, la estratigrafía del Cámbrico Inferior y Medio se ha sintetizado en la figura 1, esquema válido para el sector septentrional de la Cordillera Ibérica.

En la Hoja de La Almunia aflora el Cámbrico Inferior y el Cámbrico Medio incompleto, faltando, en el sector SO, la parte superior del Cámbrico Medio y el Cámbrico Superior. El estudio de detalle se realiza a partir de las columnas de Viver (X = 787.100; Y = 752.350) y Aldehuela (X = 788.800; Y = 752.570).

SERIE	BIOESTRATIGRAFIA (Sdzuy, 1971)		LITOESTRATIGRAFIA		
	PISO	NIVEL	Rama	Rama	
			Occidental	Oriental	
Cámbrico Medio	Piso sin Solenopleuropsidae.		Capas de Acón		
	Solenopleuropsidae.	Solenopleuropsidae	Pizarras superiores de Murero.		
		Pardailhanian			
		Badulesia	Dolomias	Limolitas nodulosas	
	P. (Acado-paradoxides)	Acadolenus	No identificado		
		C. ovata			
		Cámbrico i/m	Capas del	Pizarras inferiores de Murero.	
	Cámbrico Inferior	Bilbiliense		Manubles	Daroca
		Marianiense			Huermeda
		Ovetiense		Ribota	
Jalón					
Embid					
		Bambola			

Figura 1.—Estratigrafía del Cámbrico Inferior y Medio de la Cordillera Ibérica, al Norte de Calatayud.

Basado en datos de LOTZE (1929, 1961), QUARCH (1967), SCHMITZ (1971), JOSOPAIT (1972), y propios.

2.2.1 CAMBRICO INFERIOR (CA₁₁^q, CA₁₁, CA₁₁¹, CA₁₂, C₁₂₋₁₃, CA₁₃)

Consta de los seis tramos descritos por LOTZE. Los inferiores, de litología detrítica gruesa, carecen de fósiles apareciendo los primeros Trilobites en los niveles superiores pizarrosos.

Según SDZUY (1971), los tres niveles inferiores corresponden al piso Ovetiense. La Dolomía de Ribota y las pizarras de Huérmeda [en parte], con *Strenuaeva*, *Saukianda*, *Kingaspis* y *Lusatiops*, corresponden al Marianiense, mientras que el techo de Huérmeda y Daroca con *Realaspis* y *Pseudolenus*, y la base de las capas de Valdemiedes, con *Hamatolenus* y *Termierella*, constituye el piso Bilbiliense.

Los afloramientos del Cámbrico Inferior en la Hoja están situados en el sector SO formando los relieves de Vicort. La intensa tectonización que presentan estos materiales hace difícil el levantamiento de perfiles estratigráficos.

— *Cuarcitas de Bámbola* (CA₁₁^q).—Comprende una potente serie de cuarcitas, de tonos claros, en bancos gruesos son estratificación cruzada, muy compactas, dando lugar a relieves topográficos importantes, con una potencia del orden de 300-400 m. En líneas generales, al ascender en la serie se produce una progresiva disminución del tamaño de grano, pasándose de niveles microconglomeráticos en la base, ricos en cantillos de cuarcita y sílex, a areniscas y a ortocuarcitas de grano fino hacia el techo.

Se aprecian secuencias menores, positivas, similares a la descrita como secuencia general.

— *Capas de Embid* (CA₁₁).—Por encima del tramo anteriormente descrito, se reconoce una serie alternante de areniscas y limolitas que, hacia el techo, se hace más cuarcítica. Sus colores verdes oscuros contrastan con los tonos claros de la cuarcita de Bámbola. Son frecuentes las estructuras de corriente (marcas basales, estratificación cruzada y «ripple-marks») y abundantes las pístas orgánicas. Su potencia es de unos 250 m.

Tanto las limolitas como las areniscas están constituidas fundamentalmente por granos detríticos de cuarzo, plagioclasas más o menos sericitizadas y matriz sericítico clorítica. Como accesorios, micas (moscovita, biotita), y circón, turmalina y rutilo. Se aprecia, en los niveles con menos matriz, el desarrollo de texturas de presión-solución. Los niveles más altos del tramo, se caracterizan por la aparición de feldespatos potásicos detríticos, exclusivos o en mayor proporción que las plagioclasas.

— *Capas de Jalón* (CA₁₁¹).—Serie predominantemente limolítica, ligeramente arenosa en la base, evolucionando hacia limolitas más finas y algo calcáreas, hacia arriba, con intercalaciones de niveles de dolomías. Presenta colores abigarrados pero predominantemente rojizo-violáceos, lo que permite diferenciar

fácilmente este tramo del de las capas de Embid. Esta coloración se debe a la presencia de hierro en forma de carbonatos, óxidos y sulfuros.

En la parte superior, abunda la estratificación de tipo lenticular con «ripple-marks», «load-cast», bioturbación marcas de escape de gas, pistas orgánicas y estratificación cruzada.

Los limos están formados por granos de cuarzo detrítico, feldespato potásico (y ocasionalmente plagioclasas), láminas de biotita ferruginizada y matriz sericitico-clorítica, rica en óxidos de hierro.

La potencia de este tramo es de unos 150 m.

— *Dolomías de Ribota* (CA₁₂).—Por encima de la serie anterior, se desarrolla un tramo de dolomías masivas, ocreas en superficie y gris oscuro en fractura fresca, que presenta intercalaciones de pizarras verdes.

Son dolomías secundarias, de grano grueso a muy grueso, conteniendo cuarzos idiomorfos y una ligera proporción de materia arcillosa y/o óxidos de hierro. Localmente las dolomías pueden estar muy silicificadas y, en ocasiones, con mineralizaciones de baritina.

La potencia de la dolomía de Ribota oscila entre 40 y 55 m.

— *Pizarras de Huérmeda* (CA₁₂₋₁₃).—Sobre las dolomías del tramo anterior se sucede una serie de pizarras verde-grisáceas. Están formadas por una pequeña proporción de granos detríticos de cuarzo, tamaño limo, pajuelas de moscovita, y matriz sericitica con óxidos de hierro, o bien con matriz clorítica.

En la Hoja de Illueca se han encontrado en estas pizarras Trilobites de la subfamilia Neoredlichidnae, correspondientes al género *Realaspis*, que dan una edad de la parte alta del Cámbrico Inferior.

En el corte de Aldehuela se han estimado 20 m. de potencia, probablemente inferior a la real por laminación tectónica.

— *Areniscas de Daroca* (CA₁₃).—Serie de areniscas de color gris claro, algo amarillentas, en bancos de unos 30 cm., con intercalaciones de pizarras verdes que disminuyen hacia el techo. Son areniscas formadas por granos de cuarzo detrítico, tamaño arena media, con feldespatos potásicos y plagioclasas (muy sericitizadas), con matriz de sericita-clorita. Como accesorios, circón, turmalina, rutilo y ocasionalmente piritita.

La potencia medida en la sección de Aldehuela (10 m.) está muy reducida por laminación tectónica.

2.2.2 CAMBRICO MEDIO (CA₁₃₋₂₁, CA₂₁₋₂₂)

Tan sólo se ha reconocido en pequeños afloramientos, siendo imposible obtener una sección estratigráfica completa.

— *Pizarras inferiores de Murero* (CA₁₃₋₂₁)

En la zona de Aldehuela, descansan sobre las areniscas de Daroca, reconociéndose unos 5 m. de pizarras verdes.

En la zona de Mularroya, sin que se vea la base, afloran pizarras verdes con nódulos dolomíticos, aflorando unos 20 m. por debajo de limolitas rojas con Trilobites.

Las pizarras son sericítico-cloríticas, a veces con pajuelas de micas (cloritas y moscovitas), y óxidos de hierro. Los nódulos son de naturaleza dolomítica, con textura granuda gruesa, y contienen algunos granos de cuarzo de tamaño limo y moscovita.

— *Limolitas nodulosas rojas* (CA₂₁₋₂₂)

Forman un reducido afloramiento en la zona de la Mularroya, y están constituidos por una sección de granos detríticos de cuarzo de tamaño limo, en una matriz sericítico clorítica, muy rica en óxidos de hierro.

Contiene restos de Trilobites, entre los que se han identificado: *Ellipsocephalus* sp. y *Hartshillia* (?) sp. del Cámbrico Medio, el segundo de los cuales no ha sido citado hasta ahora en España.

Solamente afloran los niveles basales, estando el resto cubierto por los materiales del Buntsandstein.

2.3 ORDOVICICO

El Ordovícico de la Hoja ha sido descrito por BARTSCH (1966). En esencia, se puede aplicar la subdivisión de LOTZE (1926). Por similitud de facies con el tramo superior de la Serie Ibérica de SCHMITZ (1971) y JOSOPAIT (1972), se incluyen los afloramientos de Algairén y Morata en el Tremadociense. La estratigrafía se describe a partir de las columnas de El Frasno (X = 785.120; Y = 762.250) y Alpartir (X = 792.210; Y = 759.870).

2.3.1 TREMADOCIENSE (O₁₁)

Por debajo de la Cuarcita Armoricana aflora una potente serie, muy pobre en fósiles, que puede correlacionarse con la Formación Dehesa (JOSOPAIT, 1972) de la zona de Ateca y, por tanto, debe incluirse en el Tremadociense. La potencia es superior a 1.000 m.

El tramo más inferior de la serie consiste en una alternancia de areniscas y pizarras arenosas; siguen cuarcitas en tramos gruesos (100 m. de potencia); cuarcitas de grano fino (200 m.), cuarcitas claras (20 m.), y pizarras azules con intercalaciones de areniscas hacia el techo (200 m.). («Pizarras de Santa Cruz», de BARTSCH, 1966.)

Tanto las areniscas como las limolitas están formadas por granos de cuarzo detrítico, de feldespato potásico y plagioclasas, láminas de moscovita, óxidos de hierro y matriz clorítica. En las areniscas menos ricas en matriz, los granos de cuarzo se suturan por procesos de presión-solución.

Es frecuente la presencia de estratificación cruzada, huellas de sobrecarga y pistas (*Scolithus*, *Cruziana*) hacia el techo.

2.3.2 SKIDDAWIENSE (O₁₂)

La «Cuarcita Armoricana» recubre aparentemente concordante al Tremado-ciense. Aflora en la Sierra de Algairén, existiendo un pequeño retazo en el ángulo NO de la Hoja.

Consta de tres niveles bien diferenciados: un nivel inferior de ortocuarcitas claras de aspecto vítreo, con estratificación cruzada, con unos 20 m. de potencia. Un nivel intermedio de cuarcitas de grano fino y color grisáceo, claro a oscuro, con «ripple-marks» y laminación horizontal y lenticular, de unos 100 m. de potencia y un nivel superior muy parecido al primero, con unos 150 m. de espesor.

Se han encontrado *Cruzianas* en las proximidades de Alpartir, habiéndose clasificado: *C. goldfussi* ROUAULT y *C. furcifera* D'ORBIGNY.

2.3.3 ORDOVICICO MEDIO Y SUPERIOR - BASE SILURICO (O₂-S₁[^])

Corresponde a la unidad «Llandeilo-Llandovery» de BARTSCH, si exceptuamos de ésta la cuarcita llandoveryense. Aflora en las proximidades de Alpartir.

Se trata de una serie predominantemente pizarrosa, poco fosilífera, con algunos niveles arenosos y una pasada dolomítica, con una potencia total de unos 250 m.

La base, algo arenosa, es probable que represente al Llanvirniense, identificado por RIBA (1959) en Albarracín. El Llandeiloense está representado por unos 100 m. de pizarras verdes con *Calymene tristani*, *Orthis*, etc.

Viene luego un tramo arenoso, con 25 m. de arenas en la base, y 20 m. de pizarras y areniscas alternantes en el techo, atribuible al Caradociense.

La caliza Ashgillense, de color ocre rojizo, está mineralizada, y contiene restos inclasificables de Briozoos, Crinoideos y Braquiópodos (*Orthis*) y Trilobites (*Fenestellidae*, *Arthiostidae*). La potencia es de unos 5 m.

La serie termina con 30 m. de pizarras gris-azuladas con intercalaciones arenosas, probablemente atribuibles al Llandoveryense basal.

2.4 SILURICO

Únicamente está representado el Silúrico Inferior, en las proximidades de Alpartir, y el techo del Silúrico, en un afloramiento aislado.

2.4.1 CUARCITA LLANDOVERYENSE (S₁[^])

De aspecto parecido a la cuarcita armoricana: clara, vítrea, compacta, con estratificación cruzada, load-casts y pistas orgánicas. Tiene una potencia de 10 m.

2.4.2 LLANDOVERYENSE SUPERIOR - WENLOCKIENSE INFERIOR ($S_1^A - S_1^B$)

Por encima de la Cuarcita Llandoveryense, se han medido 65 m. de pizarras verdes muy esquistosas, correspondientes a la clásica «Pizarra de Graptolites». Está recubierta en discordancia por el Buntsandstein, en los alrededores de Alpartir.

2.5 TECHO SILURICO - DEVONICO INFERIOR ($S_2^B - D_{11}$)

Aflora en las proximidades de la Mularroya, por debajo del Buntsandstein, y sin relación con otros afloramientos paleozoicos.

Litológicamente, está formado por unos 20 m. de pizarras calcáreas con Braquiópodos, a los que siguen 10 m. de ortocuarzitas compactas, de color pardo, asimismo con Braquiópodos, entre ellos *Platyorthis* sp. y restos inclasificables de los órdenes *Rhynchonellida*, *Terebratulida* y *Strophomenida*.

Por su facies corresponde probablemente a la formación Luesma, de P. CARLS (1965) (Ludlowiense-Gediniense).

2.6 TRIASICO

Aflora en dos zonas alargadas según la dirección NO-SE, situadas en el cuadrante noroccidental de la Hoja. La de mayor extensión se localiza al norte y este del río Grío, y a pesar de la intensa tectonización regional, en ella se encuentra la columna más completa de este sistema, que ha servido para el estudio detallado de la estratigrafía del Triásico en la Hoja. La otra zona cubre una banda que se extiende desde El Frasno en dirección NO, pasando a la Hoja contigua de Calatayud.

Se han reconocido sedimentos en facies Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper. De la primera facies se han distinguido tres tramos o unidades cartográficas, y de las dos últimas dos tramos en cada una. La existencia de niveles plásticos intercalados en estas facies ha favorecido los despegues entre formaciones, siendo el contacto entre ellas, con frecuencia, mecánico. El estudio estratigráfico de detalle se realiza a partir de la columna anteriormente citada, Valluengo (5) (X = 789.180; Y = 760.120) y Alto de la Perdiz (6) (X = 787.960; Y = 766.160).

2.6.1 FACIES BUNTSANDSTEIN (TG_1, TG_{1s}, TGI_1)

Está representada por una serie de unos 200 m. de potencia, en la que se pueden separar tres tramos que regionalmente presentan continuidad:

- a) Tramo basal (TG_1): Comienza por conglomerados y microconglomerados rojizos de cantos de cuarcita que no sobrepasan los 3 cm., y

matriz arcilloso-arenosa con costras de limolita. Inmediatamente encima se sitúa un tramo de limolitas rojas. Además de en Valluengo, afloran en la margen derecha del río Grío y en El Frasno.

Localmente este tramo de conglomerados puede alcanzar mayores potencias, aunque no suele sobrepasar los 15 m.

- b) Tramo medio (TG_{1s}): Fundamentalmente arenoso, comprende los ritmos sedimentarios constituidos en la base por un nivel de areniscas rojas con estratificación cruzada, grano fino a medio, subredondeado, con matriz arcillosa y cemento dolomítico, al que sucede un nivel de arcillas y limolitas ferruginosas rojas. En Valluengo este tramo tiene una potencia de 133 m. Más al Norte, en la sección medida en el Alto de la Perdiz (6) (X = 787.960; Y = 766.160) este tramo medio presenta una potencia de 120 m.
- c) Tramo superior (TG_{1l}): constituido fundamentalmente por limolitas y limolitas-arcillosas rojas laminadas con finas intercalaciones de areniscas rojas y blanquecinas con moscovita en lasjas de 3 a 8 cm. con estratificación cruzada. Se sitúan por encima unas arcillas y margas verde-amarillentas, en contacto con las calizas dolomíticas del Muschelkalk. Regionalmente la potencia de esta formación es variable: en Valluengo se han medido 45 m., mientras que en la columna del Alto de la Perdiz alcanza 85 m.

2.6.2 FACIES MUSCHELKALK (TG₂ y TG_{2c})

Los dos afloramientos de mayor extensión se encuentran uno al NO de Alpartir, donde aflora toda la serie triásica, y el segundo al NO de El Frasno, en el borde occidental de la Hoja. El resto de los afloramientos son de reducidas dimensiones y en general en contacto mecánico sobre la serie inferior.

El estudio estratigráfico de detalle se realiza a partir de la columna citada de Valluengo (5). En la cartografía se han separado dos tramos o unidades:

- a) Tramo inferior (TG₂): Comienza por dolomías gris-verdosas con escasos restos de Gasterópodos y Crinoideos, *Glomospira*, *Halobia* y *Terebratula* sp. Sigue un tramo de margas blancas y amarillentas con algunos niveles de calizas arcillosas y dolomías. A techo se encuentran unas arcillas rojas con yesos masivos y niveles laminados de calizas amarillentas. En la columna de Valluengo se intercala una roca plutónica masiva de color verde de 3 m. de potencia. Las dolomías de la base tienen escaso espesor (10 m. en la columna de Valluengo), reduciéndose hacia el Norte llegando incluso a desaparecer, debido quizá a causas más tectónicas que sedimentarias. El tramo plástico (margoso y arcilloso-yesífero) superior tiene una potencia de 40 m. en la colum-

na citada anteriormente. En la columna de Ricla (X = 787.100; Y = 766.960), las potencias de los dos tramos aparecen sensiblemente reducidas, 5 m. para el tramo dolomítico inferior y 16 para el tramo margoso superior. En esta disminución de potencias ha influido el comportamiento plástico de este tramo, frente a los esfuerzos tectónicos, que da lugar a que la base de la facies TG₂ presente su contacto mecanizado.

- b) Tramo superior (TG₂c): Es el tramo más desarrollado del Muschelkalk formado por dolomías y calizas. La parte inferior suele ser más dolomítica y al mismo tiempo masivo y brechoide (dolosparitas), mientras que la superior se hace más tableada, más microcristalina (dolomicritas y dolomías finamente cristalinas), al tiempo que se intercalan margas gris negruzcas o verdosas y calizas oolíticas. Se han encontrado restos de Moluscos, Crinoideos y Ostrácodos, así como *Frondicularia woodwardi* HOCH, *Ammodiscidae*, *Glomospira* y *Halobia*. La potencia de toda la unidad calizo-dolomítica es de 60 m. en la Columna de Valluengo. En la columna de Ricla es de 44 m., pudiendo faltar los niveles superiores de la unidad cartográfica debido a que en esta zona las dolomías del Rethiense están deslizadas sobre distintos niveles de la serie triásica.

2.6.3 FACIES KEUPER (T_{cg})

Los materiales de facies Keuper (T_{cg}) están constituidos, como en toda la Cordillera Ibérica, por arcillas varioladas y abigarradas (tonos rojos, amarillos y verdes) con niveles intercalados de yesos rojos. Hacia la parte baja suelen encontrarse algunas intercalaciones de margas arenosas amarillentas. La potencia del Keuper al E del río Grío, en la paridera de Valluengo, es de unos 60 m., aunque regionalmente es difícil de medir por presentar sus contactos muy mecanizados.

2.7 TECHO TRIASICO - JURASICO MARINO

Estos materiales afloran ampliamente el oeste de la Almunia de Doña Godina. Menor extensión presentan los afloramientos situados al N de Almonacid de la Sierra limitados por fallas inversas que producen saltos estratigráficos importantes. En la cartografía se han separado siete unidades: Rethiense-Hettangiense, Sinemuriense Inferior a Medio, Sinemuriense Superior a Toarciense, Dogger, Oxfordiense, Kimmeridgiense y Kimmeridgiense-Portlandiense.

En conjunto la sedimentación marina del Jurásico presenta una cierta uniformidad de facies y espesores. El estudio estratigráfico se realiza a partir de las secciones de La Almunia de Doña Godina (8) (X = 788.460; Y = 764.970) y de Ricla (7) (X = 787.100; Y = 766.960).

2.7.1 RETHIENSE-HETTANGIENSE (T_{A33}-J₁₁)

Se trata de un conjunto dolomítico en el que, en líneas generales se distinguen dos tramos litológicos:

- a) La parte inferior representada por dolomías vacuolares («carniolas»), masivas, de tonos gris-negruzcos y siempre azoicas. El espesor de este tramo inferior, medido en las secciones de La Almunia y de Ricla, es de 10 m., aunque por presentar mecanización en la base es de esperar potencias mayores en otras zonas.
- b) Conjunto de brechas dolomíticas con algunos cantos calizos hacia la parte superior. Son generalmente masivas, de tono gris oscuro, presentando, localmente, un cemento rojizo ferruginoso, así como una carstificación bastante acusada, con mineralizaciones de hierro. Dentro de este conjunto brechoide, la base presenta los fragmentos menores de 5 cm., mientras que al techo los fragmentos son de gran tamaño y en ocasiones grandes bloques de estratos. En los tramos de brechas calizas de la parte superior hay cantos de micritas con secciones de *Ataxophragmiidae*, Moluscos, Ostrácodos y Crinoideos. La potencia de este tramo de brechas, dentro de la Hoja, es de unos 40-60 m. Localmente, al NE de Morata, el río Jalón se encaja en esta formación, dejando al descubierto potencias algo mayores de la serie, que no sobrepasan los 80 m.

2.7.2 SINEMURIENSE INFERIOR A MEDIO (J₁₂¹²)

Esta unidad está definida por un conjunto de calizas y calizas dolomíticas de tonos grisáceos, estratificadas en bancos de 20 a 80 cm., que hacia arriba se hacen más tableados, al tiempo que empiezan a intercalarse niveles centimétricos de margas de tonos grises y violáceos. Las microfacies son de micritas fosilíferas a biomicritas con algunos lechos pseudooolíticos (intraoosparitas) con secciones de *Lingulina* gr. *pupa* (TERQ.), *Lingulina* sp., *Ammobaculites* sp., *Ataxophragmiidae*, *Dentalina* sp., *Nodosaria* sp., *Glomospira* sp., *Astacolus* sp., *Lituolidae*, *Favreina* sp., Gasterópodos, Lamelibranquios, Ostreidos, Braquiópodos, Equinodermos, Ostrácodos y Crinoideos. Entre la macrofauna, no muy abundante en estos niveles, se han determinado las siguientes especies: *Pleuromya* sp., *Pecten* sp., *Entolium* sp. y *Pleurotomaria angélica* (DEFR.). La potencia media de esta unidad es de 100 m.

2.7.3 SINEMURIENSE SUPERIOR-PLIENSBACHIENSE-TOARCIENSE

(J₁₂₋₁₄³⁻⁰)

Aflora en serie continua cortada transversalmente por el río Grío, al oeste de La Almunia.

Definido por una monótona alternancia de calizas arcillosas y margas fácilmente divisible por macro y microfauna que, sin embargo, constituye una sola unidad cartográfica en la que es imposible separar tramos mediante criterios de campo.

Las potencias de esta unidad tomadas en las secciones de Ricla y La Almunia son de 150 m. y 120 m., respectivamente.

Los niveles inferiores, correspondientes al Sinemuriense Superior, se caracterizan por predominar las calizas sobre las margas, estratificadas en capas de 10 a 40 cm. con delgados niveles intercalados de margas gris-verdosas, areniscas, con restos de Belemnites. Las microfacies son de micritas fosilíferas a biomicritas con secciones de *Lingulina* gr. *pupa* (TERQ.), *Astacolus*, *Lenticulina*, *Dentalina*, *Glomospira*, Gasterópodos, Lamelibranchios, Ostrácodos, Braquiópodos y Crinoideos. En el estudio de la microfauna de las muestras margosas se han determinado entre otras las siguientes especies: *Astacolus* cf. *radiata* (TERQ.), *Lingulina pupa* (TERQ.), *Hungarella* sp. B (APOST.), *Krausella lanceolata* (APOST.), *Bairdia molesta* (APOST.), *Procytheridea* sp., *Nodosaria* cf. *mutabilis*, *Ammodiscus tenuissimus* (GUMB.), *Ammobaculites* sp., así como Crinoideos, Gasterópodos y Pectínidos.

Todos estos niveles son pobres en macrofauna, habiéndose reconocido la especie: *Gibbirhynchia gibbosa* (ENG.).

El Pliensbachiense viene definido por una alternancia de margas y calizas arcillosas, con predominio de las primeras. Las microfacies son, como en el Sinemuriense Superior, micritas fosilíferas a biomicritas con secciones de Lagénidos y Moluscos. La microfauna es relativamente frecuente, principalmente en Lagénidos y Ostrácodos. Habiéndose reconocido secciones de: *Lingulina* gr. *pupa* (TERQ.), *Lenticulina*, *Glomospira*, *Dentalina*, *Astacolus*, Gasterópodos, Crinoideos, Moluscos y Ostrácodos. La microfauna en las muestras margosas es muy abundante, se han determinado las siguientes especies: *Astacolus* cf. *radiata* (TERQ.), *Lingulina pupa* (TERQ.), *Lenticulina münsteri* (ROEM.), *Hungarella* sp. B (APOST.), *Krausella lanceolata* (APOST.), *Dentalina terquemii* (D'ORB.), *Bairdia molesta* (APOST.), *Procytheridea* sp., *Margulinula prima* (D'ORB.), *Nodosaria* cf. *mutabilis*, *Ammodiscus tenuissimus* (GUMB.), *Ammobaculites* sp., así como restos de Crinoideos, Pectínidos y Gasterópodos. Estos niveles son riquísimos en macrofauna, habiéndose determinado las siguientes especies: *Pseudopecten aequivalvis* (SOW.), *Lobothyris subpunctata* (DAW.), *Lobothyris punctata* (SOW.), *Terebratula perfida* (CHOFIC.), *Terebratula jauberti* (DESL.), *Gibbirhynchia gibbosa* (ENG.), *Tetrarhynchia tetraedra* (SOW.), *Zeilleria cornuta* (SOW.), *Passalothoeuthis paxillosus* (SCHLOT.), *Pleuromya unioides* (ROEMER), *Stolmorhynchia bouchardi* (DAW.), *Rhynchonella meridionalis* (PESL.), *Orthildaites orthus* (BUCK.), *Hildoceras sublevisoni* (FUC.), *Bouleiceras nitescens* (THEV.), *Pholadomia ambigua* (SOW.), *Unicardium jauthé* (D'ORB.), *Pleurotomaria subadians* (D'ORB.).

El Toarciense también se caracteriza por ser una alternancia de mar-

gas y calizas arcillosas. Es a partir del Toarciense Superior cuando aparecen, en las microfacies, los primeros microfilamentos. La microfauna es muy característica, destacándose la presencia de: *Vaginulina proxima* (TERQ.), *Lenticulina subalata* REUSS, *Nodosaria fontinensis* (TERQ.), *Lenticulina d'orbigny* (ROEM.), *Lenticulina münsteri* (ROEM.), *Cytherella toarcensis* BIZON, *Procytheridea sermoisensis* APOST., *Astaculus matutina* (D'ORB.) y *Procytheridea bucki* BIZON. Entre la macrofauna mencionaremos: *Pinna* sp., *Nautilus inornatus* (D'ORB.), *Hammatoceras insigne* (SCHUB.), *Ludwigia murchisonae* (SOW.), *Hudlestomia affinis* (SEEB.), *Hildoceras bifrons* (BRUG.).

2.7.4 DOGGER (J₂)

Aflora en una serie monoclinal al oeste de La Almunia de Doña Godina, encontrándose otros pequeños afloramientos aislados al sur de Morata. En la columna de Ricla tiene una potencia de 175 m., mientras que en la de La Almunia de Doña Godina solamente alcanza los 120 m. Esta reducción puede ser anómala y deberse a causas tectónicas. Se trata de una serie monótona de margas y calizas arcillosas grises y negruzcas, con frecuencia tableadas, con piritita. Son biopelmicritas, biomicritas o micritas fosilíferas, arcillosas, conteniendo microfilamentos, *Nubecularia* cf. *reicheli*, *Ammobaculites*, *Cornuspira*, *Lenticulina*, *Eothrix alpina* LOMB., *Ataxophragmiidae*, *Ophthalmidium*, *Dentalina*, *Lithistidae*, *Nodosaria*, *Glomospira*, *Eoguttulina*, restos de Crinoideos, Moluscos, Gasterópodos, Radiolarios y Ostrácodos. En las muestras de margas se han reconocido en los levigados: *Lenticulina subalata* REUSS., *Lenticulina münsteri* (ROEMER), *Lenticulina quenstedti* GUMB., *Lenticulina d'orbigny* (ROEM.), *Cornuspira* cf. *orbicula* (T. y B.), *Cornuspira* (*Spirillina*), *Ammodiscus tenuissimus* (GUMB.), *Nodosaria fontinensis* (TERQ.), *Vaginulina proxima* (TERQ.), *Cytherella toarcensis* BIZON, *Cytherelloidea cadomensis* BIZON y *Paalzowella* sp.

En cuanto a la macrofauna recogida en este tramo, se han clasificado las siguientes especies: *Hammatoceras insignis* (ZIETEN), *Grammoceras striatulum* (SOW.), *Pseudomercaticeras parnilobum* (ARKEL), *Keraiceras cosmopolitum* (PARONA), *Indosphinctes calvus* (SOW.), *Belemnopsis canaliculata* (SCHLOT.), *Somninia propinquans* (BAYLE), *Hastites clavatus* (SCHLOT.), *Pseudopecten aequivalvis* (SOW.), *Plagiostoma semicircularis* (GOLDF.), *Haugia variabilis* (D'ORB.), *Terebratula* sp., *Cribos pongia* sp. y *Ctenostreone* sp.

En detalle se diferencian en el campo dos intercalaciones de calizas que presentan cierta continuidad, una situada al techo del Bajociense, y otra intrabathonense, que lateralmente puede alcanzar mayor desarrollo y pasar a calizas oolíticas.

En algunos lugares se observa en el techo del Dogger un nivel rojo, que representa el hiato del Calloviense Superior y Oxfordiense Inferior, que es general en la Cordillera Ibérica.

2.7.5 OXFORDIENSE (J₃₁)

Aflora, como el resto de la serie Jurásica, al NO de La Almunia de Doña Godina y en la CN-II cerca del cruce a Morata; ambos son de extensión muy reducida. Se distinguen dos tramos litológicos:

- a) El inferior, constituido por calizas arenosas, brechoides, negras, con pirita y abundante materia carbonosa, con raras intercalaciones de margas grises. Son biomicritas con «*Protoglobigerinas*», *Epistomina* (*Brotzenia*), *Ammobaculites* cf. *coprolithiformis* (SCHWAG.), *Lenticulina*, *Lithistidae*, *Eothrix alpina* LOMB., *Astacolus*, *Spirillina*, *Ophthalmidium*, *Dentalina*, espículas, Espongiarios, Ostrácodos y restos de Crinoideos y Moluscos.

De los tramos margosos se han encontrado en los levigados las siguientes especies: *Lenticulina subalata* REUSS, *Lenticulina münsteri* (ROEMER), *Lenticulina quenstedti* GUMB., *Cytherella index* OERTLI y *Cornuspira orbicula* (T. y B.). Son normalmente ricas en macrofauna, principalmente Espongiarios y Ammonites: *Idoceras planula* (ZIETEN), *Evaspidoceras perarmatus*, *Perisphinctes plicatilis* (SOW.), *Cribospongia reticulata* GODDF. La potencia de este tramo calizo no sobrepasa regionalmente los 10 m.

- b) Conjunto de carácter esencialmente margoso. Son margas arenosas, gris-oscuro, que en la parte baja presentan intercalaciones de calizas arcillosas y limolíticas de los mismos tonos (micritas) con nódulos esféricos de pirita. Se caracterizan por contener la siguiente microfauna: *Lenticulina quenstedti* (GUMB.), *Lenticulina subalata* (REUSS.), *Epistomina* (*Brotzenia*) *mosquensis* UHLIG, *Epistomina* (*Brotzenia*) *stelligera* REUSS, *Cytherella index* OERTLI y restos de Moluscos y Crinoideos. En macrofauna se ha clasificado *Cribospongia reticulata* (GOLDF.).

La potencia de este tramo margoso es de unos 50 m.

2.7.6 KIMMERIDGIENSE (J₃₂)

El afloramiento más completo se encuentra, fuera de Hoja, en los Desfiladeros al O de Ricla, donde se ha tomado la sección de Ricla (7) [X = 787.100; Y = 766.960] que ha permitido el estudio detallado de esta unidad. El resto de los afloramientos, dentro de Hoja, no presentan continuidad, con algunos tramos cubiertos, o en contacto mecánico con el resto de la serie Jurásica. Este es el caso del afloramiento de calizas del Kimmeridgiense en la CN-II, en las proximidades del río Grío, o del afloramiento al N de Almonacid, donde las calizas del Sinemuriense se ponen en contacto con las del Kimmeridgiense mediante una falla inversa. No se descarta la posibilidad de que en estos

afloramientos queden pinzados entre los bloques principales algunos retazos no cartografiados de otra edad; así en la última localidad citada, una muestra estudiada de la zona próxima a la fractura a una edad Bathoniense por microfácies y por el contenido en fauna, mientras que el resto del afloramiento está cartografiado como de edad Kimmeridgiense. La potencia de esta unidad es de 215 m. aproximadamente. A partir de la columna de Ricla, se pueden diferenciar los tramos litológicos que a continuación se describen:

- a) Tramo calcáreo, de unos 65 m. de potencia, de los cuales los 50 m. de la base no afloran y el resto hasta el techo son micritas arenosas y areniscas calcáreas, con niveles de calizas pseudoolíticas e intercalaciones de margas arenosas. El estudio de los levigados de los tramos margosos han proporcionado las siguientes especies: *Lenticulina quenstedti* (GUMB.), *Lenticulina subalata* (REUSS), *Lenticulina* cf. *audax* LOEBL. y TAPP., *Lenticulina münsteri* (ROEM.), *Astacolus tricarinella* REUSS, *Spirillina* sp., *Vaginulina* cf. *proxima* TERQ., *Ammobaculites* cf. *coprolithiformis* (SCHWAG.), *Schuleridea triebeli* (STEGH.), *Galliaecytheridea* sp., *Cytherella* cf. *suprajurassica* OERTLI y *Protocythere* sp., así como restos de Crinoideos.
- b) Tramo de carácter terrígeno, constituido por conglomerados, areniscas rojizas, verdes y amarillentas con estratificación cruzada, arcillas varrioladas, margas y micritas arcillosas y arenosas. Presenta una potencia de 27 m.
En los niveles margosos se encuentra una asociación de microfauna idéntica a la mencionada en el tramo anterior.
Las calizas normalmente son arenosas, presentando pseudoolitos y secciones de: *Ammobaculites* cf. *coprolithiformis* (SCHWAG.), *Pseudocyclammina lituus* YOKOY, *Alveosepta jaccardi* (SCHRODT.), *Nautiloculina oolithica* MOHL., *Cayeuxia* cf. *piae* FROLLO, *Pseudochrysalidina*, *Glomospira*, *Epistomina* (*Brotzenia*), *Trochammina*, *Ataxophragmidae*, *Textularia* y restos de Ostreidos, Crinoideos, Moluscos, Gasterópodos, Políperos, espículas, tubos de Anélidos, Ostrácodos y fragmentos vegetales carbonosos. Se han reconocido también algunos ejemplares de *Pseudopecten aequivalvis* (SOW.).
- c) Tramo de unos 25 m. de calizas arcillosas, grises (micritas) estratificadas en bancos delgados de unos 10-20 cm. con alguna intercalación de areniscas calcáreas. Están constituidas por granos de cuarzo detrítico, feldespato potásico, fragmentos de cuarcitas y calizas, cementadas por esparita, y contienen secciones de *Ammobaculites* cf. *coprolithiformis* (SCHWAG.), *Alveosepta jaccardi* (SCHRODT.), *Nautiloculina oolithica* MOHL., *Pseudocyclammina lituus* YOKOY, *Cayeuxia* cf. *piae* FROLLO, Gasterópodos, Políperos, tubos de Anélidos y Oogonios de Characeas.
- d) Tramo margoso, constituido por margas grises y verdosas con Inter-

calaciones de calizas oolíticas algo arenosas, con pequeños oolitos ferruginosos y secciones de *Conicospirillina basiliensis* MHOL. Gasterópodos, Lamelibranquios y restos de Crinoideos. En macrofauna se han clasificado: *Spiriferina* sp. y *Lima* sp. La potencia de este tramo es de 30 m.

- e) Tramo de unos 26 m. constituido por una alternancia de areniscas rojizas y verdosas con arcillas y margas varioladas. Las areniscas presentan laminación oblicua y señales erosivas basales. No se han observado fósiles.
- f) Tramo de unos 25 m. de calizas con intraclastos, fundamentalmente oolíticas y pisolíticas, grises y rosáceas, con nódulos ferruginosos, dismicritas algo arenosas y margas blancas y grises. Se han encontrado secciones de *Girvanella*, *Cayeuxia* y restos de Gasterópodos (Serpula), Ostrácodos y Oogonios de Characeas. En los levigados se han clasificado: *Porochara raskyae* GRAMB., *Porochara* sp., *Bisulcocypris* cf. *forbessi* (JONES).

2.7.7 KIMMERIDGIENSE-PORTLANDIENSE (J_{p32-33})

Situado sobre el tramo de calizas pisolíticas del techo del Kimmeridgiense (J₃₂), aflora en el borde N de la Hoja al NO de La Almunia de Doña Godina. Se reduce a unos 8 m. de microconglomerados y areniscas calcáreas con algún nivel de calizas oolíticas y pisolíticas entre las que, hacia la parte superior (fuera de Hoja, al N de Ricla), se intercalan arcillas y areniscas rojas.

Por su litología puede asignarse al «Grupo Tera» de las series Wealdicas de Cameros (TISCHER, 1966).

2.8 MIOCENO

Dentro del ámbito de la Hoja, el Mioceno aflora en tres zonas: en la mitad oriental, donde se inicia la depresión del Ebro; en el ángulo SO, que corresponde a la Depresión de Calatayud, y en Morata de Jalón, borde NO que, por similitud de facies, se ha asociado al mioceno de la Depresión del Ebro. En la cartografía se han separado tres litofacies diferentes, de las cuales dos corresponden a la Depresión del Ebro y la restante a la Depresión de Calatayud.

A) MIOCENO DE LA DEPRESION DEL EBRO.

Los materiales del Mioceno se extienden por la mitad oriental de la Hoja, cubiertos en parte por sedimentos cuaternarios que impiden la observación de aquellos en la zona comprendida entre Cariñena, Alfamen y La Almunia de Doña Godina. Se han separado en la carto-

grafía dos tramos con litofacies diferentes: uno inferior (y al tiempo paso lateral del superior) de carácter terrígeno y otro superior, calcáreo-margoso. Para el estudio estratigráfico del Mioceno se ha levantado la columna de Alfamen (9) ($X = 807.500$; $Y = 760.420$).

2.8.1 BURDIGALIENSE-VINDOBONIENSE INFERIOR (T_{c12-11}^{Ba-Bb} y Tm_{c12-11}^{Ba-Bb})

Como se ha indicado anteriormente se han separado dos unidades que a su vez son cambio lateral entre sí, por lo que llevan la misma sigla. La inferior (T_{c12-11}^{Ba-Bb}) tiene un carácter marcadamente terrígeno y aflora en las zonas que se extienden los sedimentos terciarios en la Hoja, particularmente visibles al NE de Alfamén, en las proximidades del Cabezo de Altomira. Se caracteriza por una serie de conglomerados rosados de cantos redondeados de cuarcita y matriz limo arenosa, que pasan lateralmente a areniscas de granos redondeados de cuarzo, poco cementados y con matriz limosa rojiza. La mayor parte de los bancos de conglomerados y areniscas se disponen en forma de relleno de paleocanales, con cicatrices o superficies de erosión. Hacia el techo, estos depósitos pasan a limolitas y arcillas limolíticas de tonos rojizos. En general se trata de un depósito de tipo molásico que no contiene fósiles. La potencia de esta unidad no sobrepasa los 40 m.

La otra unidad cartográfica (Tm_{c12-11}^{Ba-Bb}) está definida por un conjunto de calizas lacustres de tonos claros a beige con intercalaciones de margas blanquecinas. Las calizas son: microcristalinas, lacustres, existiendo todos los pasos entre dismicritas y biomicritas, con secciones de Ostrácodos y restos de Characeas y Gasterópodos. En algunos niveles las calizas son arenosas.

Los levigados de los niveles margosos contienen: Gasterópodos y Ostrácodos (*Cypidopsis kinkelini* LIENENK y *Loxoconcha* sp.). La potencia de esta unidad en las zonas donde se presenta más completa oscila entre 12 y 15 m.

B) MIOCENO DE LA DEPRESION DE CALATAYUD.

Escasamente desarrollado en la presente Hoja, sus afloramientos se limitan a su borde SO, donde están representados por una sola facies:

2.8.2 BURDIGALIENSE-VINDOBONIENSE INFERIOR (T_{cg}^{Ba-Bb})

Constituido por conglomerados de cantos heterométricos subredondeados de cuarcita y planares de pizarra, con matriz limo-arcillosa amarillenta y rojiza, con lentejones intercalados de areniscas blanco-amarillentas y paleosuelos ferruginosos rojizos. Corresponde a la facies del borde oriental del Mioceno de Calatayud. La potencia de esta unidad no sobrepasa los 50 m.

en la Hoja de La Almunia de Doña Godina, aunque hacia el O, en la Hoja de Calatayud, puede alcanzar los 100 m. con indentaciones de areniscas, arcillas y margas que representan términos de tránsito hacia el Mioceno del centro de la cuenca. Dadas sus características litológicas esta unidad carece de fósiles.

2.9 PLIOCENO - CUATERNARIO

Discordantes sobre las formaciones hasta ahora reseñadas, existen una serie de depósitos detríticos recientes que cubren gran parte de la Hoja. Están representados materiales Plio-Pleistocenos, Pleistocenos y Holocenos.

2.9.1 PLIO-PLEISTOCENO ($Tg_{c_2}^B-Qg_1$, $T_{c_2}^B-Q_1$, $Tb_{c_2}^B-Q_1b$, $Tcg_{c_2}^B-Q_1cg$)

Conglomerados y arcillas rojas ($Tg_{c_2}^B-Q_1g$).—Por la CN-II, a 1,5 Km. de la desviación a Morata de Jalón, afloran unos conglomerados de cantos redondeados de cuarcita, heterométricos, de matriz arenosa, masivos con lentejones de arcillas rojas, en contacto por falla con las pizarras del Ordovícico (O_{11}). Su origen es dudoso, pero posiblemente están relacionados con los depósitos de bolos y bloques ($Tb_{c_2}^B-Q_1b$). No obstante se han diferenciado en la cartografía, por presentar características litológicas diferentes ambas formaciones.

Depósitos tipo raña ($T_{c_2}^B-Q_1$).—Estos depósitos adquieren gran desarrollo en el borde oriental de la Sierra de Algairén, en las localidades de Alpartir, Almonacid de la Sierra, Cosuenda y Aguarón, donde constituyen amplios abanicos de sedimentos limo-arenosos, marrón-rojizos, masivos, con cantos dispersos angulosos de cuarcita y pizarras, que no sobrepasan los 20 cm. de diámetro. De las mismas características son los depósitos situados al SO de Morata de Jalón. Las mayores potencias se encuentran entre Cosuenda y Aguarón, oscilando entre 60 y 80 m.

Depósitos de bolos y bloques ($Tb_{c_2}^B-Q_1b$).—Forman grandes recubrimientos que bordean las elevaciones paleozoicas, y están constituidos por bloques, bolos, cantos, en general redondeados o subredondeados, de cuarcita empastados por una matriz arenosa. Suelen aparecer, en la base de estos depósitos, unos limos arenosos rojizos con cantos angulosos dispersos, que se han interpretado como restos de los materiales tipo raña ($T_{c_2}^B-Q_1$). Se han englobado ambas facies dentro de una misma formación por la dificultad que presentaba la separación de uno y otro depósito al ser, el paso, normalmente gradual. Son frecuentes en las laderas del valle del río Grío, así como en la vertiente occidental de la Sierra de Vicort, adentrándose en la Hoja contigua (Calatayud). Las potencias más frecuentes oscilan entre 20 y 40 m.

Conglomerados ($Tc_{c_2}^B-Q_1cg$).—Se localizan en dos zonas: En la zona N, donde fosilizan los relieves jurásicos, al O de La Almunia de Doña Godina, o en discordancias sobre las margas del Mioceno ($Tm_{c_{12-11}}^{Ba-Bb}$). La zona oriental, donde aflora una banda alargada de conglomerados al E de Alfamén, discordantes sobre los niveles calco-margosos del Mioceno ($Tm_{c_{12-11}}^{Ba-Bb}$). Son conglomerados de cantos redondeados de cuarcita y arenisca, con escasa matriz limo-arenosa, ligeramente cementados por carbonatos. En los afloramientos de la zona N contienen además abundantes cantos de calizas procedentes de los relieves mesozoicos próximos.

2.9.2 PLEISTOCENO ($Q_1 K, Q_1, Q_1 T$)

Costras calcáreas ($Q_1 K$).—Son frecuentes en la mitad oriental de la Hoja cubriendo parte de los depósitos de raña ($Tc_2^B-Q_1$), y conglomerados ($Tc_{c_2}^B-Q_1cg$). Constituyen un nivel calcáreo, con una potencia media de 2 m., en el que se puede apreciar unos limos calcáreos, rosados en la base, y a techo la costra calcárea propiamente dicha, formada por láminas de 2 a 3 cm.

Fondo de Valle (Q_1).—Constituyen el relleno de una depresión de unos 20×5 Km. de extensión, que con dirección NNO-SSE, corta la mitad oriental de la Hoja. Forma una superficie horizontal muy monótona donde se sitúan la mayor parte de los viñedos de Alfamen y Cariñena. La constitución litológica es de limos-arcillosos marrón rojizos, con abundantes cantos angulosos dispersos de cuarcita y, en menor proporción, de pizarra. Estos materiales proceden de la degradación de los depósitos de raña ($Tc_2^B-Q_1$) situados en el borde Sur-occidental de la depresión.

Terraza fluvial (Q_1T).—En los cauces de los ríos Jalón y Grío se ha cartografiado un nivel de terrazas, situado a unos 10 m. sobre el cauce actual, con una potencia media de 8 m. Está constituido por gravas heterométricas redondeadas de cuarcitas, areniscas y calizas, empastadas por una matriz limo-arenosa.

2.9.3 HOLOCENO (Q_2Al, Q_2C, Q_2Cd, Q_2)

Aluviales (Q_2Al).—Se han señalado como depósitos aluviales los rellenos de los ríos Jalón y Grío, situados topográficamente por debajo de la terraza (Q_1T). Están constituidos por bolos y gravas heterométricas y heterogéneas con abundante matriz arenosa.

Coluviales (Q_2C).—Solamente se han señalado en la cartografía aquellos que, por alcanzar gran desarrollo, no permiten la interpretación de la estructura geológica subyacente.

Conos de deyección ($Q_2 Cd$).—Se trata de depósitos caóticos de bolos y cantos heterométricos de litología variada, englobados en una matriz limo-

arenosa. Se han separado en las desembocaduras de los torrentes del río Grío.

Holoceno indiferenciado (Q₂).—Se han cartografiado aquellos depósitos de arrastre breve o formados «in situ», de poca extensión relativa.

3 TECTONICA

3.1 TECTONICA REGIONAL

La estructura que presentan los materiales estudiados en el área de la Hoja viene determinada fundamentalmente por la superposición de las orogénias herciniana y alpina. La caracterización de fases de plegamiento prehercínicas es dificultosa, ya que no se observan lagunas estratigráficas ni discordancias angulares en la serie paleozoica. Tales fases parecerían estar representadas únicamente en los cambios litológicos determinados por variaciones de la velocidad de la subsidencia que ha tenido lugar desde el Cámbrico Inferior hasta, por lo menos, el Devónico Inferior.

La existencia de un plegamiento precámbrico no puede ser probada, puesto que la base del Cámbrico descansa en contacto mecánico aparentemente concordante sobre el Precámbrico. Como señala LOTZE (1966), es posible que la propia mecanización sea responsable de esta aparente concordancia.

La fase Ibérica de los movimientos sárdicos ha sido considerada desde el trabajo de LOTZE de 1929, como responsable de una supuesta laguna estratigráfica en la base de la Cuarcita Armoricana. La reciente identificación del Tremadociense en las «Capas de Ateca» (JOSOPAIT, 1970) y los estudios estratigráficos llevados a cabo en dicha unidad (SCHMIDT, 1971; JOSOPAIT, 1972) evidencian la continuidad de la sedimentación entre el Cámbrico y el Ordovícico. El límite entre ambos sistemas lo constituyen niveles locales de conglomerados (Conglomerados de Necutiu en la Demanda, COLCHEN, 1974), correlacionables con la fase Toledánica de los movimientos sárdicos (LOTZE, 1956).

Los movimientos caledónicos no han sido identificados en la Cordillera Ibérica. En el sector septentrional de ésta, el Trías descansa en clara discordancia angular sobre el Cámbrico, Ordovícico, Silúrico y Devónico Inferior, faltando la mayor parte del Devónico, el Carbonífero y el Pérmico. La presencia en el sector meridional de la Ibérica de Namuriense a plegado (RIBA, VILLENA y VALLIERES, 1966), y en la Demanda de Westfalense discordante (WIENANDS, 1964), sitúan el plegamiento en la fase Palentínica, sin descartar la posibilidad de que actuaran fases anteriores (posible fase Bretónica).

Las características del plegamiento son similares a las descritas por COLCHEN (1974) en la Sierra de la Demanda: la estructura de los mate-

riales prehercinianos revela dos etapas de plegamiento y una fase póstuma de distensión. La primera fase determina la disposición en anticlinales y sinclinales de gran radio, de dirección NNO-SSE a NO-SE, simétricos, o disimétricos con vergencia NE, acompañados de esquistosidad de fractura. Con esta fase puede estar relacionado el débil metamorfismo que presentan las pizarras precámbricas. La segunda fase se caracteriza por cabalgamientos de orden kilométrico y de importancia regional, como puede observarse en la zona de Nigüella, donde el Cámbrico Inferior-alto de la unidad de Badules (LOTZE, 1929) descansa sobre materiales devónicos de la unidad de Herrera, habiéndose producido el corrimiento a nivel de las Capas de Jalón.

Los materiales cabalgados presentan esquistosidad y pliegues de arrastre. Una probable fase póstuma origina los sistemas de fracturas E-O, NO-SE y SO-NE, resultando la fragmentación en bloques de los materiales paleozoicos.

Con el Triásico se inicia una nueva etapa subsidente que se prolonga durante el Jurásico. Tras el depósito de la serie triásica, y durante la sedimentación carbonatada de la base del Lías, débiles movimientos de la fase paleocimmérica provocan la sedimentación por «Slumping» de las brechas calcáreas. CALDERON (1898) atribuye a esta fase la falta del Trías Medio y Superior en algunas áreas, por ejemplo en Calcena (Hoja de Illueca), Cuevas de Agreda (Hoja de Tabuena), etc., así como en numerosos puntos de la Cordillera Ibérica, donde las dolomías rethienses se apoyan directamente sobre los distintos niveles de Buntsandstein. Posteriormente RICHTER (1930) interpreta la ausencia de los tramos plásticos del Trías como debida al deslizamiento de las brechas y niveles superiores a favor de los mismos, durante la orogenia alpina.

Posteriormente movimientos epirogénicos, de la fase neocimmérica, son los causantes del levantamiento del umbral de Ateca, así como de la individualización de la fosa sedimentaria de Cameros (RICHTER, 1930).

Aunque en la zona no afloran materiales cretácicos ni eocenos, regionalmente se ha probado la existencia de ligeros plegamientos de fase austríaca, que prefiguran las principales estructuras alpidicas.

La fase pirenaica adquiere cierta intensidad, siendo numerosos los puntos, Alhama, Ciruela, Deza, etc., donde se observan las dislocaciones preoligocenas. RICHTER cuenta con la posibilidad de que las discordancias preoligocenas, en las zonas donde faltan los depósitos eocenos, se puedan considerar como la suma de dos plegamientos débiles, uno preeocénico y otro preoligocénico. En esta edad, el zócalo paleozoico queda fragmentado según fallas longitudinales en escalón que esbozan las depresiones del Ebro y Calatayud que no recibieron su forma definitiva hasta la fase sávida, cuando tiene lugar el plegamiento principal de la orogenia alpina.

El comportamiento de los materiales de la serie estratigráfica frente a los movimientos alpinos de carácter compresivo es diferencial. En efecto, los materiales paleozoicos han constituido un sistema de bloques, ya esbo-

zados durante las últimas etapas hercínicas. Sobre ellos, el Buntsandstein se ha comportado como un «tegmento» por encima del cual los niveles plásticos del Muschelkalk y Keuper han permitido, al actuar como lubricante, la independización de los materiales jurásicos. Como consecuencia de este comportamiento diferencial, los materiales paleozoicos se estructuran en «horsts» y «semihorsts», con desplazamientos a favor de planos estructurales inclinados hacia el SO, con clara vergencia NE. En los bordes orientales de estas dislocaciones, donde la compresión ha sido máxima, los sedimentos mesozoicos quedan cobijados por los del Paleozoico, siendo frecuentes los sinclinales tumbados y las imbricaciones en escamas. En zonas algo alejadas de estas de máxima compresión, predomina la tectónica gravitacional o de deslizamiento (pliegues de cobertera), caracterizada por una disarmonía entre zócalo y cobertera. Las unidades plásticas del Muschelkalk y Keuper han actuado como lubricantes, produciéndose contactos mecanizados entre las unidades que constituyen el tegumento y las unidades jurásicas.

Así, tenemos en este sector de la Ibérica los siguientes tipos estructurales: 1) Pliegues de zócalo (los que estructuran el Paleozoico aflorante). 2) Pliegues de revestimiento, que afectan al tegumento guardando estrechas relaciones con el zócalo. 3) Pliegues de cobertera, caracterizados por una disarmonía entre zócalo y cobertera favorecido por los horizontes plásticos triásicos.

Por otra parte, en la evolución de las fosas tectónicas, donde se instalan las cuencas miocenas del Ebro y Calatayud, han intervenido dos o tres fases orogénicas, con una primera etapa de compresión que dio origen a fallas inversas y una posterior de distensión que originó una serie de fallas normales en relevo que hundieron el centro de la depresión. Posteriormente, movimientos de reajustes de bloques dan lugar a deformaciones de amplio radio que afectan a los sedimentos miocenos de ambas depresiones.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS

En la Hoja de La Almunia pueden distinguirse seis grandes unidades estructurales, que son:

a) Zona estructural de Vicort

Situada en el ángulo SO de la Hoja, está constituida esencialmente por materiales del Cámbrico Inferior, de carácter cuarcítico. La estructura interna es compleja, distinguiéndose varios anticlinales de dirección NO-SE, fragmentados por fracturas y fallas inversas NO-SE y E-O. En conjunto es un complejo anticlinorio asimétrico y vergente al NE. El flanco SO desaparece bajo el Mioceno de la Depresión de Calatayud, mientras que el flanco NE está en contacto, mediante falla inversa, con la unidad de Morata-Algairén. Esta zona de Vicort formaría parte de la «Capa de Bámbole», de LOTZE (1929).

Pueden distinguirse los siguientes elementos estructurales:

— *Anticlinal de Pietas*.—Es un anticlinal asimétrico, vergente al NE, constituido por materiales cuarcíticos de la base del Cámbrico. En el núcleo aflora el Precámbrico y la Cuarcita de Bámbola.

— *Sinclinorio de Viver*.—Constituido por Capas de Embid y Capas de Jalón en el núcleo; éstas presentan una estructura compleja en apretados pliegues. La dirección es NNE-SSE. El flanco O está afectado por la falla inversa del Espigar.

— *Falla de El Pico*.—Divide a esta Zona estructural en dos bloques, siendo el bloque hundido el situado al S de la falla. Su dirección es E.O.

— *Falla de Aluenda*.—De dirección NO-SE, pone en contacto el flanco SO del anticlinal de Pietas con el Precámbrico.

— *Falla del Espigar*.—Inversa, con dirección NNO-SSE, por la cual las Capas de Embid cabalgan a las Capas de Jalón del sinclinorio de Viver.

— *Falla de Inogés*.—Inversa, dirigida NO-SE, pone en contacto al Cámbrico Inferior y Medio de la unidad de Vicort con el Tremadociense de la zona de Morata-Algairén, y el Trías de la Fosa de Morés. El salto de falla es del orden de los 3.000 m.

b) Zona estructural de Morata-Algairén

Ocupa gran parte de la mitad occidental de la Hoja y está formada por materiales ordovícicos y pequeños afloramientos del Silúrico Inferior. Esta zona ha sido denominada por LOTZE «Unidad de Herrera». La estructura interna viene definida por un sistema de anticlinales y sinclinales de dirección NO-SE, asimétricos y convergencia al NE, con intensa fracturación. El límite SO lo constituye la falla de Inogés, mientras que al NE limita con el mesozoico mediante la falla inversa de Almonacid y con el Terclario de la Depresión del Ebro. Al NO, el bloque de Morata se ha individualizado entre la Fosa de Morés y el bloque de Ricla.

— *Sinclinal de Redondillo*.—Constituye un sinclinal asimétrico, de dirección NO-SE, en materiales del Tremadociense aflorando en el núcleo la Cuarcita Armoricana. Su flanco O está afectado por la falla de Inogés.

— *Anticlinal de Valdemadera*.—Situado en el borde sur de la Hoja, su dirección es ONO-ESE.

— *Bloque de Morata*.—Constituye un bloque elevado situado entre la Fosa de Morés y el bloque de Ricla, mediante las Fallas de Purroy y río Grío, respectivamente. Forma parte del flanco NE del sinclinal de Redondillo.

— *Sinclinorio de Algairén*.—Está formado por un sistema de anticlinales y sinclinales NO-SE, cuyos ejes se hunden hacia el NO. Son asimétricos y vergentes hacia el NE, y localmente están afectados por fallas inversas y de desgarre. La estructura más importante es el Sinclinal de río Tiernas, en cuyo núcleo afloran las pizarras del Ordovícico Medio.

— La falla de río Grío, de dirección NNO-SSE, ligeramente inversa, hunde los bloques de Ricla-Algairén con respecto al Bloque de Morata y afecta a materiales miopliocenos.

c) Fosa de Morés

Comprende una estrecha franja de dirección NO-SE de materiales triásicos, que se extiende desde Illueca (Hoja de Illueca) hasta El Frasnó (Hoja de La Almunia de Doña Godina). Dentro del ámbito de la Hoja que nos ocupa, solamente está representado el borde SE de la fosa.

Está limitada por dos fallas inversas, la de Inogés, al O, y la de Purroy, al E, siendo la primera la que ha tenido una componente horizontal de mayor importancia.

Dentro de la fosa de Morés se pueden distinguir tres elementos estructurales, que son, de O a E:

— *Sinclinal tumbado de El Frasnó*.—Formado por materiales del Muschelkalk y Keuper en el núcleo, su flanco Oeste está cabalgado por el Paleozoico del bloque anticlinal de Pietas. Al NO, dentro de la Hoja de Calatayud, el sinclinal queda cobijado, pasando a una estructura de escamas.

— *Anticlinal fallado del Barranco del Cubo*.—La serie triásica presenta en la fosa de Morés una estructura en anticlinal fallado por el plano axial. La importancia de la dislocación aumenta hacia el SE, llegando a ser difícil el reconocer esta estructura anticlinal en las proximidades de El Frasnó. Por el contrario hacia el NO se conserva la estructura completa, ligeramente modificada por pequeñas fallas longitudinales y transversales. Entre Morés y Purroy (Hoja de Calatayud), las dolomías del Muschelkalk pasan, de buzamiento hacia el O, a situarse verticales en el cierre periclinal, e incluso a quedar invertidas cabalgando a las dolomías rethienses, al O de Purroy.

— *Falla de El Frasnó*.—Es una falla inversa de buzamiento SO, que hacia El Frasnó se bifurca en dos, por las que se ponen en contacto los conglomerados basales del Buntsandstein con los tramos inferiores del Muschelkalk.

d) Zona estructural de Ricla

Constituye un bloque hundido que afecta a materiales mesozoicos en su mayor parte. El borde occidental se encuentra afectado por la falla de río Grío, que marca el límite con el Bloque de Morata. Hacia el E, los recubrimientos pliocuaternarios no dejan ver el paso de esta unidad estructural a la depresión del Ebro. Es posible que el paso se realice mediante fallas en relevo fosilizadas por los sedimentos de borde del Mioceno.

En esta zona se pone de manifiesto el distinto comportamiento tectónico de los materiales que constituyen el tegumento (Buntsandstein) y los de la

cobertera, que presenta estructura independiente de los del substrato, al deslizarse sobre los tramos plásticos del Muschelkalk y Keuper.

Es una zona de intensa tectonización, con frecuentes cobijaduras y deslizamientos, complicados a su vez por el juego de fallas inversas que desplazan unos bloques sobre otros, llegando, en ocasiones, a la superficie materiales paleozoicos, como las cuarcitas devónicas de la Mularroya.

Se pueden distinguir, en la zona estructural de Ricla, cuatro unidades menores:

— *Zona tectonizada de Morata*: conjunto de materiales del Jurásico y del Muschelkalk, situados en el borde occidental del bloque, que han sido intensamente afectados por el movimiento hacia el NE del bloque de Morata durante los empujes tectónicos alpinos.

Forma en conjunto un sinclinal tumbado, con desplazamientos transversales y cobijaduras que ocultan en parte la estructura sinclinal. Hacia el N, en las proximidades de Morata, los depósitos detríticos miocenos, que recubren a los sedimentos mesozoicos, están afectados por movimientos tectónicos neoalpinos, llegando en ocasiones a buzamientos próximos a los 50°.

— *Zona estructural de Valluengo*: ocupa la mitad sur de la zona estructural de Ricla, y su límite meridional viene definido por una fractura que la separa del bloque de Algairén.

Los materiales del Muschelkalk forman pliegues bastante apretados de dirección E-O, con tendencia a curvarse en las proximidades de los bloques paleozoicos, tomando direcciones NO-SE. En cambio, los tramos del Jurásico experimentan importantes despegues a partir de los niveles plásticos del Keuper, formando estructuras apretadas con la misma orientación E-O.

— *Zona deslizada de la Sierra*: ocupa la mitad septentrional de la zona estructural de Ricla, y se caracteriza por presentar una tectónica de cobertera favorecida por los horizontes plásticos triásicos. Hay dos orientaciones preferentes de los pliegues, la E-O y la NNO-SSE. Son frecuentes los pliegues en acordeón fácilmente visibles en el Lías de las proximidades del río Jalón. Hacia el E disminuye la intensidad de los pliegues, pasando a la serie monoclinial de Ricla.

— *Zona monoclinial de Ricla*: está situada en el borde oriental de la zona estructural de Ricla, en parte cubierta por depósitos pliocuaternarios. Está constituida por materiales jurásicos que presentan una estructura monoclinial bastante uniforme en toda su extensión, exceptuando las dislocaciones tectónicas al E de la Mularroya y los deslizamientos de los tramos calcáreos del Dogger sobre las margas del Lías Superior.

e) **Depresión del Ebro**

Ocupa aproximadamente la mitad oriental de la Hoja. Está constituida por materiales detríticos en la base y margas con niveles de calizas a techo,

correspondientes al Mioceno. A partir de una línea de dirección NNO-SSE situada al O del Cabezo de Altomira (borde E de la Hoja), los sedimentos miocenos se flexionan, con buzamientos que no suelen sobrepasar los 10°, hacia el O. Este fenómeno es un reflejo en la superficie del reajuste de bloques del zócalo, acaecido probablemente durante la fase Rodánica. Este basculamiento dio lugar a una cubeta que posteriormente se rellenó de sedimentos plio-cuaternarios que hoy fosilizan el borde occidental de la Depresión del Ebro en esta zona.

4 HISTORIA GEOLOGICA

La historia geológica de una región debe establecerse sobre el mayor número de datos posibles, y como quiera que el área ocupada por una Hoja es muy reducida, sus datos son muy limitados para la reconstrucción de dicha historia. Por ello, en lo que sigue, es preciso basarse en los resultados del estudio de las Hojas 25-14 (Tabuena), 25-15 (Illueca), 25-16 (Calatayud) y 26-16 (La Almunia), además de la bibliografía gerional disponible.

Los materiales atribuidos al Precámbrico son esquistos con intercalaciones limolíticas, representantes de una sedimentación de aportes detrítico-terrágenos finos, en un ambiente que, a pesar de la ausencia de restos de fósiles y huellas de actividad orgánica, puede interpretarse como marino detrítico de relativa profundidad (ausencia de estructuras de corriente y oleaje).

Los primeros niveles posteriores a esta formación son los de «Cuarcitas de Bámbola» del Cámbrico Inferior, situándose en aparente concordancia sobre el Precámbrico, patentizando la actividad de movimientos precámbricos, seguidos de actividad erosiva.

La sedimentación cámbrica se inicia con facies detríticas gruesas con estratificación cruzada («Cuarcitas de Bámbola»), significando probablemente depósitos continentales o transicionales que evolucionan a depósitos más finos (areniscas y limos) con pistas orgánicas («Capas de Embid»). En un momento determinado y sin cambios apreciables de la constitución de los depósitos, aparecen rojizas, por incorporación de óxidos de hierro a los sedimentos («Capas de Jalón»), presentando características sedimentológicas propias de plataformas mareales (estratificación lenticular, laminaciones cruzadas, «ripple-marks», «load-cast», «convolute-lamination» y pistas orgánicas).

Se inicia una sedimentación carbonatada («Dolomías de Ribota»), de probable carácter biostromal, y, por consiguiente, de significado marino litoral. En pizarras intercaladas en las dolomías (en áreas próximas) aparecen los primeros Trilobites, confirmando así el origen marino de los sedimentos. A continuación se inicia una sedimentación detrítica fina («Pizarras de Huérmeda» y «Capas inferiores de Murero») con un episodio intermedio

de depósitos relativamente más gruesos («Cuarcitas de Daroca»), con escasos Trilobites, representando un ambiente de plataforma marina.

Hacia el techo, en los depósitos, comienza la formación de nódulos calcáreos, hasta llegar a constituir una facies de tipo «Griotte» indicando una intensa diagénesis de plataforma. La sedimentación prosigue con depósitos pelíticos («Capas superiores de Murero»), con abundante fauna de Trilobites. Mediante un nivel arenoso se pasa a una sedimentación alternante de niveles arenosos y pizarrosos, a veces de carácter turbidítico, con marcas basales, laminación de «ripple», huellas de actividad orgánica y algunos Trilobites aun del Cámbrico Medio («Capas de Acón»).

La transición al Ordovícico se efectúa por medio de una serie detrítica arenosa, con intercalaciones de pizarras verdes nodulosas, con restos de Orthida, y cruzianas («Cuarcita de Barrera»).

El Tremadociense está representado por una potente sucesión alternante, con linguílicos y cruzianas.

La «Cuarcita Armoricana», con estratificación cruzada y *Cruzianas*, representa una sedimentación en ambiente marino somero. Durante el Ordovícico Medio la sedimentación es pelítica, con Trilobites y Braquiópodos, cambiando en el Ordovícico Superior a areniscas, con depósito de un nivel carbonatado con Crinoideos en el Ashgillense.

El Silúrico se inicia con un episodio arenoso para proseguir con las pizarras Llandoveryenses y las alternancias del Silúrico Superior. La transición al Devónico se efectúa mediante una formación detrítica poco fosilífera. El Devónico Inferior está representado por una sucesión pelítica y carbonatada de carácter paraarrecifal con abundante fauna de Braquiópodos, Coralarios, Tabulados, Briozoos, etc. No existen niveles paleozoicos superiores en la zona estudiada.

En conjunto, la sedimentación paleozoica tiene lugar en una extensa cuenca subsidente cuyas oscilaciones han condicionado el carácter cíclico que presenta el registro sedimentario.

La litología es predominantemente detrítica, con efímeros episodios ferruginosos y carbonatados en el Cámbrico Inferior, Ordovícico Superior y Devónico Inferior. El ambiente sedimentario es marino, en general somero, con etapas de sedimentación pelítica de plataforma.

En el Carbonífero Inferior tiene lugar el plegamiento hercínico, distinguiéndose dos fases compresivas seguidas por una fase de distensión.

El Triásico de la región se presenta, como en toda la Cordillera Ibérica, en facies Germánica. Los materiales de la facies Buntsandstein constituyen depósitos detríticos (tipo «red-beds») atribuibles a una sedimentación continental debida a aportes fluviales, en ambiente de abanico y llanura aluvial. Estos materiales fosilizan un relieve, rellenando sus irregularidades. El clima debía ser cálido (como sugiere la presencia de huellas de Reptiles y abundantes restos de vegetación en niveles no oxidados), y con

pluviosidad intensa, pero intermitente, a juzgar por el carácter de los depósitos.

El cese de los aportes detríticos e instalación de un régimen de sedimentación marino muy somero, origina los depósitos calcáreos del Muschelkalk.

Al comienzo de la facies Keuper se pasa de una sedimentación carbonatada marina, muy somera, a otra arcillosa y evaporítica, continuándose estas condiciones durante todo el Keuper, con episodios de actividad subvolcánica de tipo básico (ofitas). El Triásico termina con la sedimentación de dolomías vacuolares («carniolas»), que significan el paso de las condiciones evaporíticas a un régimen marino, con el que se inicia la transgresión marina del Jurásico.

El régimen marino iniciado en el Rethiense-Hettangiense se continúa durante todo el Jurásico Inferior, Medio y parte del Superior (Oxfordiense-Kimmeridgiense), con sedimentación fundamentalmente carbonatada. En líneas generales la profundidad de la cuenca aumenta durante el Lías de forma progresiva hasta llegar a un máximo en el Toarciense, a partir del cual se produce una disminución que continúa hasta el Oxfordiense-Kimmeridgiense.

Los depósitos de brechas calcáreas asociados a calizas bandeadas de la base del Lías, se han formado probablemente por inestabilidad del fondo de la Cuenca en relación con la iniciación de la transgresión Jurásica. Por encima se depositan micritas muy poco fosilíferas (Sinemuriense Inferior-Medio) de facies marina nerítica a litoral, siguiéndose con sedimentación de calizas arcillosas y margas ricas en Braquiópodos y Ammonites de facies nerítica (Sinemuriense Superior, Pliensbachiense y Toarciense). Es en este momento cuando las facies son más profundas, aún cuando no se sobrepasan condiciones neríticas, muy favorables al desarrollo de organismos.

Las biomicritas con microfilamentos del Aalenense-Bajociense, depositados a menor profundidad que las anteriores son, sin embargo, menos someras que las calizas oolíticas del Bathoniense (zona de Aranda de Moncayo, en la Hoja de Illueca).

En el ámbito de esta Hoja, así como en la mayor parte de la Ibérica, existe un nivel rojo con oolitos ferruginosos («hard-ground»), que señala un hiato stratigráfico de la parte alta del Calloviense y de la baja del Oxfordiense. Se ha producido por la inestabilidad del fondo de la cuenca debido a los primeros movimientos neocimméricos.

En el Oxfordiense el medio de sedimentación fue muy uniforme, depositándose sedimentos calcáreos (calizas y margas arenosas) de facies nerítico-litoral. Son niveles muy ricos en restos orgánicos (Esponjas, Ammonites, Belemnites, etc.) que en su parte inferior tienen un carácter algo arrecifal.

Estas facies litorales se continúan al comienzo del Kimmeridgiense, apareciendo hacia su parte media importantes aportes terrígenos en facies con desarrollo de ciclotemas, que comenzando por conglomerados terminan

por términos de calizas arenosas marinas. Los últimos niveles del Kimmeridgiense tienen carácter continental (areniscas y arcillas varioladas) culminando con facies lacustres de calizas pisolíticas y dismicríticas con Characeas y Ostrácodos de este medio. En conjunto, los tramos altos del Kimmeridgiense, representan el paso a las facies continentales del Purbeck, existiendo una serie de cuñas e interdigitaciones continentales y lacustres entre los tramos marinos, principalmente hacia la parte superior.

En general los sedimentos jurásicos se han depositado en un medio de bajo índice de energía (micritas), en presencia de abundante materia orgánica creadora de un medio reductor con formación de piritas.

La sedimentación terrígena del Jurásico terminal (Kimmeridgiense-Portlandiense) (Grupo «Tera») con depósitos de areniscas y microconglomerados con intercalaciones de arcillas y limolitas, rojas («red beds»), puede interpretarse como producidos en ambiente continental fluvial. Regionalmente pueden encontrarse restos de reptiles, que junto a las estructuras sedimentarias (paleocanales con estratificación cruzada, «ripple-marks» y pistas de gusanos) apoyan esta interpretación.

A grandes rasgos, la sedimentación Mesozoica representa un gran ciclo sedimentario que se inicia por depósitos continentales (Buntsandstein), comprendiendo una secuencia sedimentaria positiva (transgresión marina hasta el Toarciense) y otra negativa (regresión marina a partir del Dogger) interrumpida por el hiato Calloviense-Oxfordiense, para finalizar con la formación de depósitos continentales de la facies Purbeck.

Al no estar comprendidos en el área estudiada los materiales desde el Portlandiense al Burdigaliense, no puede precisarse en la historia geológica de esta época. No obstante, en base a datos regionales puede indicarse que el plegamiento alpino debe corresponder principalmente a las fases Pirenaica y Sávica, sin que pueda hablarse de la importancia relativa de cada una de ellas.

Coincidiendo con las deformaciones de la fase Estaírica se produce la sedimentación continental de conglomerados, areniscas y limos, de edad Burdigaliense-Vindoboniense en discordancia progresiva.

Los términos más altos del Mioceno aflorantes, corresponden a facies lacustres de calizas y margas con Ostrácodos y Gasterópodos (Vindoboniense), que están afectados por las últimas fases nealpinas (probablemente fase Rodánica). Estos depósitos terciarios representan los términos marginales del relleno de la depresión del Ebro.

En la formación de los depósitos plioceno y cuaternario antiguo, han intervenido factores tectónicos y climáticos. Los primeros actuaron rejuveneciendo los relieves antiguos por hundimientos póstumos a lo largo de la dislocación principal. Los segundos imprimen a los distintos depósitos unos caracteres texturales que reflejan la alternancia de etapas de intensa pluviosidad con otras de sequía, ambas bajo un régimen térmico elevado. Estos

depósitos, por otra parte en íntima relación con las formaciones litológicas predominantes de los relieves paleozoicos próximos, recubren una penillanura sin nexa alguno con la red fluvial actual.

Posteriormente el encajamiento de la red fluvial con la formación de terrazas durante el Pleistoceno, dio lugar a la morfología actual.

5 GEOLOGIA ECONOMICA

5.1 MINERIA Y CANTERAS

Varios filones han sido explotados en el pasado, especialmente en la Sierra de Algairén. En el término de Alpartir, MALLADA cita las minas Bilbilitanas, que con una potencia media de 0,28 m. de hidróxidos de hierro con piritas de cobre, rendía hasta ocho onzas de plata por quintal. El mismo autor se refiere a otros ocho filones de cobres grises cerca de Alpartir y tres más en el cerro de Mosomero. Todos ellos armaban en los materiales del Tremadociense.

En las proximidades de Tobed fueron explotados varios filones de barita y cobre, siempre de escasa potencia y continuidad.

En El Frasno se han trabajado pequeñas bolsadas de hidróxidos de hierro en las cuarcitas del Tremadociense.

Las canteras existentes en la Hoja, generalmente abandonadas o en explotación intermitente, tienen como única finalidad el abastecimiento de materiales de construcción a los núcleos de población próximos a su ubicación. Se ha extraído roca de los afloramientos yesíferos del Keuper en diversos puntos al N de Mularroya. También se ha extraído material de los tramos de areniscas laminadas del Buntsandstein que proporcionan lajas fácilmente utilizables en la construcción de muros, etc. Las canteras de mayor importancia, por el volumen de roca extraído, corresponden a las situadas en la carretera de Morata de Jalón, en las que se explotan las calizas jurásicas para la fábrica de cemento de dicha localidad. También importantes, aunque en la actualidad paradas, son las explotaciones de caliza liásica en el Jalón, al O de Ricla.

Por último, se han extraído arenas gruesas y gravas de las terrazas del río Grío y Jalón, utilizadas como áridos previa selección granulométrica.

5.2 HIDROGEOLOGIA

Entre los materiales paleozoicos, únicamente las dolomías pueden ser consideradas como acuíferos, pero por sus condiciones de afloramiento presentan escaso interés desde el punto de vista de su explotación.

El Triásico carece de posibilidades como acuífero, a excepción de los

niveles dolomíticos del Muschelkalk que, en el contacto con las limolitas del techo del Buntsandstein, suelen presentar manantiales, aunque de escasa importancia, como el situado en el convento del Cerro S. Cristóbal (Alpartir). Por el contrario, las dolomías y calizas del Lías constituyen buenos acuíferos potenciales, si bien son escasamente favorables para el establecimiento de captaciones, por cuanto se encuentran casi siempre colgadas.

Entre los materiales terciarios solamente los bancos de conglomerados pueden constituir acuíferos de relativo interés.

En cuanto al Cuaternario Aluvial, puede ser interesante por sus relaciones con cursos de agua permanentes. Estas aguas son de gran importancia en la llanura de Cariñena-Alfamén por su utilización en la agricultura.

6 BIBLIOGRAFIA

- ALASTRUE, E. (1953).—«Bibliografía geológica de la provincia de Zaragoza». *Rev. Ac. Ciencias de Zaragoza*, tomo 8.
- ALIAGA, A. (1968).—«Geologische untersuchungen in den Ostlichen Iberischen Ketten nördlich des Río Jalón (Zaragoza/Spain)». *Diss.*, 99 pp. Münster.
- ARCHE, A.; HERNANDO, S.; RAMOS, A.; SOPEÑA, A., y VIRGILI, C. (1975).—«Distinction between environments in the Permian and basal Triassic red beds in Central Spain». *IX Congr. Intern. Sedimentologie*, thème 5, t. I, pp. 9-14. Nice.
- BARTSCH, G. (1966).—«Geologische untersuchungen in den östlichen Iberischen Ketten zwischen río Jalón und der strasse Miedes-Codos-Cariñena (Spain)». *Tesis*. Westfälische Landes Universität zu Münster. Westfalen.
- BATALLER, J. R., y LARRAGAN, A. (1955).—«Memoria explicativa de la Hoja número 352, Tabuena (Zaragoza, Soria)». *IGME*. Madrid.
- BERGER, E.; KAUFFMAN, E., y SACHER, L. (1968).—«Sedimentologische untersuchungen im Jungpaläozoikum der östlichen Iberischen Ketten (Spain)». *Geol. Rdsch.*, 57; pp. 472-483. Stuttgart.
- BEUTHER, A. (1966).—«Geologische Untersuchungen in Wealden und Utrillas-Schichten im Westteil der Sierra de los Cameros (Nordwestliche Iberische Ketten)». *Beih-Geol. Jb.*, vol. 44, pp. 103-121. Hannover.
- BONNARD, E. G. (1959).—«Los accidentes de la parte meridional de la Depresión del Ebro». *Not. Com. IGME*, vol. 53, pp. 81-86. Madrid.
- (1959).—«Algunas observaciones sobre la carencia de Cretáceo en el borde meridional de la depresión terciaria del Ebro, entre Calanda y La Almunia de Doña Godina». *Not. Com. Inst. Geol. Min. Esp.*, núm. 53, pp. 57-80. Madrid.
- BRINKMANN, R. (1957).—«Terciario y Cuaternario antiguo de las Cadenas Celtíberas occidentales». *Estudios Geológicos*, vol. 13, pp. 123-134. Madrid.
- (1960-62).—«Aperçu sur les chaînes Ibériques du Nord de l'Espagne».

- Mem. Soc. Géol. Française. Liv. a la Mem. du Prof. P. Fallot*, t. 1, pp. 291-300. París.
- BULARD, P. F. (1966).—«Sur les faciès et l'extension du Jurassique supérieur au Sud de Saragosse (Espagne)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 263, pp. 220-223. París.
- (1968).—«Nouvelles données sur les faciès de l'Oxfordien dans le Nord des Chaînes Ibériques (Espagne)». *Bull. Soc. Geol. de France* (7), vol. 10, pp. 561-565. París.
- (1970).—«Le Jurassique moyen et sup. des chaînes Ibériques près de Ciria et de Bijuesca (Prov. de Soria et Saragosse, Espagne)». *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, t. 106, pp. 88-89. Toulouse.
- (1971).—«La discontinuité entre le Callovien et l'Oxfordien sur le bordure Nord-Est des Chaînes Ibériques». *Cuad. Geol. Ibérica*, vol. 2, pp. 425-438. Madrid.
- BULARD, P.; CANEROT, J.; GAUTIER, F., y VIALARD, P. (1971).—«Le Jurassique de la partie orientale des Chaînes Ibériques». *Cuadernos de Geología Ibérica*, vol. 2, pp. 333-344. Madrid.
- BUROLLET, P.; DUVAL, B., y MAGNIER, PH. (1958).—«Remarques sur le Jurassique du Fossé de l'Ebro». *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, t. 93, pp. 121-128. Toulouse.
- CARANDELL, J., y GOMEZ DE LLARENA, J. (1918).—«El glaciario cuaternario en los Montes Ibéricos». *Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat. Ser. Geol.*, núm. 22, p. 51. Madrid.
- CARLS, P. (1962).—«Erläuterungen zur geologischen kartierung bei Luesma und Fombuena in den Ostlichen Iberischen Ketten (Nordost-Spanien)». *Dipl. Arb.* Würzburg.
- (1965).—«Jung-Silurische und unterdevonische schichten den Ostlichen Iberischen Ketten». *Inaug. Diss. Univ. Würzburg*, 155 pp. Würzburg.
- C. G. S. (1975).—«Estimación del potencial en el Subsector VII Centro-Levante área 4. Moncayo». *C. G. S. (inédito)*. Madrid.
- COLCHEN, M. (1974).—«Géologie de la Sierra de la Demanda». *Mem. IGME*, t. 85, vol. 2. Madrid.
- DEREIMS (1898).—«Recherches Géologiques dans le Sud de l'Aragón». *Ann. Strat. et Pal. Lab. Géol. Fac. Sc. Paris*, t. 2, pp. 1-199. París.
- DONAYRE (1874).—«Bosquejo de una descripción física y geológica de la provincia de Zaragoza». *Mem. Com. Mapa Geol. de España*, pp. 51-58. Madrid.
- FALLOT, P., y BATALLER, J. R. (1927).—«Itinerario geológico a través del bajo Aragón y el Maestrazgo». *Mem. Real Acad. Cienc. y Artes de Barcelona*, vol. 2, núm. 8, pp. 1-143. Barcelona.
- FELGUEROSO, C., y RAMÍREZ, J. (1971).—«Estratigrafía del Jurásico en la zona de Teruel-Morella (Maestrazgo)». *Cuad. de Geología Ibérica*, vol. 2, pp. 439-488. Madrid.

- FONTBOTE, J. M., y JULIVERT, M. (1974).—«The Precambrien in the Iberian Peninsula». *Precambrien des zones mobiles de l'Europe*, Conference Liblice, 1972. Praha.
- FRUTOS, M. L. (1968).—«Los glaciares del Campo de Zaragoza». *Aport. Esp. al Congr. Int. Geogr. India. Inst. Geol. Apl. CSIC*, pp. 422-429.
- GAUTIER, F. (1968).—«Sur la stratigraphie et les faciès du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur au Nord de Teruel». *C. R. Som. Soc. Géol. Fr.*, vol. 2, pp. 43-44. Paris.
- GAUTIER, F. MOUTERDE, R. (1964).—«Lacunes et irrégularités des dépôts à la limite du Jurassique Inférieur et du Jurassique Moyen de la bord. N. des Chaînes Ibériques». *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 258, pp. 3064-3067. Paris.
- GOMEZ DE LLARENA, J. (1916).—«Excursiones a las sierras de la Demanda, Urbión y Moncayo». *Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat.*, núm. 16. Madrid.
- HAHNE, C.; RICHTER, B., y SCHROEDER, C. (1930).—«Zur tektonik den Keltiberischen Ketten». *Abh. Gess. Wiss. Goth.*, núm. 5.
- HARTLEB, J. (1968).—«Über Vererzungen in den Keltiberischen Ketten». *Aufschluss*. Göttingen, pp. 313-315.
- (1969).—«Stratigraphie, Tektonik und Vererzung in den Ostlichen Hesperischen Ketten, Spanien». *Inaug. Diss. Ined. Heidelberg*, pp. 1-101.
- HERNANDEZ SAMPELAYO, P. (1935).—«El sistema cambriano». *Expl. del Nuevo Mapa Geol. de España*, 1. Madrid.
- (1942).—«El sistema siluriano, 1». *Expl. Mapa Geol. de España*, 2. Madrid.
- HINKELBEIN, K. (1965).—«Der Muschelkalk der zentralen Hesperischen Ketten (Prov. Teruel, Spanien)». *Oberrhein. Geol. Abh. Karlsruhe*, t. 14, pp. 55-95.
- (1969).—«El Triásico y el Jurásico de los alrededores de Albarracín». *Rev. Teruel, CSIC Inst. Estud.*, 49, pp. 35-75. Teruel.
- IGME (1971).—«Hoja 31 (Soria). Síntesis de la cartografía existente». *Mapa Geol. de España 1:200.000*, pp. 1-23. Madrid.
- JOLY, H. (1923).—«Observations stratigraphiques sur l'Oxfordien et le Lusitanien en certains points de la Chaîne Celtibérique (Espagne)». *C. R. Acad. Sc. Paris*.
- (1927).—«Etudes Géologiques sur la Chaîne Celtibérique (provinces de Teruel, Saragosse, Soria et Logroño, Espagne)». *Congr. Geol. Int. Madrid*. *C. R. 14 Sess.*, núm. 2, pp. 523-584.
- JOSOPAIT, V. (1970).—«Trilobiten-Funde im Tremadoc der Iberischen Ketten». *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, vol. 2, pp. 127-128. Stuttgart.
- (1971).—«Das Kambrium und das Tremadoc von Ateca (Westliche Iberische Ketten, NE-Spanien)». *Münsterische Forsch. zur Geol. und Paläont.*, H-23, 121 pp. Münster.
- JOSOPAIT, V., y SCHMITZ, V. (1971).—«Beitrag zur Stratigraphie im Unter und Mittelkambrium der Sierra de la Demanda (NE-Spanien)». *Münster. Forsch. zur Geol. und Paläontol.*, 19; pp. 85-99. Münster.
- LOTZE, F. (1929).—«Stratigraphie und tektonik des Keltiberischen grundgebir-

- ges (Spanien)». *Abh. Ges. Wiss. Gött. Math. Phys. Klaf*, vol. 14, núm. 2, pp. 1-320. Berlín. Trad. en *Pub. Extr. Geol. de España*, VIII, 343 pp. Madrid, 1954-1955.
- (1956).—«Das Präkambrium Spaniens». *N. Jb. Geol. Paläontol*, pp. 373-380. Stuttgart. Trad. en *Not. Com. Inst. Geol. Min de Esp.*, 60; pp. 227-240. Madrid, 1960.
- (1956).—«Über Sardinische Bewegungen in Spanien und ihre Beziehungen zur assyntischen Faltung». *Geotektonischen Symposium, Hans Stille*, pp. 128-139. Stuttgart.
- (1958).—«Zur Stratigraphie des spanischen Kambriums». *Geologie*, 7, 3-6, pp. 727-750. Berlín. Trad. en *Not. Com. IGME 61*, pp. 131-164. Madrid, 1961.
- (1961).—«Das Kambrium Spaniens. Teil I: Stratigraphie». *Abd. Acad. Wiss. Lit. math-naturw. Kl.*, 6, pp. 283-498. Mainz. Trad. en *Mem. Inst. Geol. Min de España*, 75, 256 pp. Madrid.
- (1966).—«Präkambrium Spaniens. Literaturbericht. 1956-1965». *Zbl. Geol. Paläontol*, t. I, 5, pp. 983-1006. Stuttgart.
- MALDONADO, A., y RIBA, O. (1969).—«Cuenca de Calatayud y Sierra de Armentales». *Mem. V Reunión Grupo Esp. de Sedimentología*. Pamplona-Zaragoza.
- MARTIN DONAYRE, F. (1866).—«Mapa provincial de Zaragoza 1:400.000». *Com. Mapa Geol. Esp.* Madrid.
- MELLENDEZ, B. (1942).—«Los terrenos cámbricos de la Península Ibérica». *Trab. Inst. Cienc. Nat. «José de Acosta», Ser. Geol.*, t. 1, 179 pp. Madrid.
- (1944).—«Contribución al estudio del Paleozoico Aragonés». *Trab. Inst. Ciencias Nat. «José Acosta», Ser. Geol.*, vol. 3, núm. 1. Madrid.
- (1948).—«Consideraciones tectónicas sobre el Cámbrico Aragonés». *Las Ciencias*, vol. 13, núm. 2, pp. 23-360.
- MENSINK, H. (1966).—«Stratigraphie und Paläogeographie des Marinen Jura in den Nord-Westlichen Keltiberischen Ketten (Spanien)». *Beitr. Geol. Jahrbuch*, t. 44, pp. 42-104. Hannover.
- MOHL (1965).—«Erläuterungen zur geologischen kartierung in den Ostlichen Iberischen Ketten (Nordost-Spaniens)». *Dipl. Arb. Ined. Univ. Würzburg*, pp. 1-58.
- MOUTERDE, R. (1971).—«Une coupe du Lias a Orbon aux confins des provinces de Teruel et de Saragosse». *Cuadernos de Geología Ibérica*, vol. 2, pp. 345-354. Madrid.
- PALACIOS, P. (1892).—«Reseña Geológica de la región meridional de la provincia de Zaragoza». *Bol. Com. Mapa Geol. España*, vol. 19, pp. 1-112. Madrid.
- QUARCH, H. (1967).—«Erläuterungen zur geologischen kartierung bei Borobia in den Ostlichen Iberischen Ketten (Nordost-Spanien)». *Diplomarbeit. Univ. Würzburg*, pp. 1-115.
- RADIG, F. (1962).—«Ordovícium/Silurium und die Frage prävariscischer Faltungen in Nordspanien». *Geol. Rdsch.*, 52, pp. 346-357. Stuttgart.

- RIBA, O. (1959).—«Estudio Geológico de la Sierra de Albarracín». *Monografías Inst. «Lucas Mallada»*, vol. 16, 283 pp. Madrid.
- (1972).—«Introducción estratigráfica y tectónica de parte de Las Cadenas Ibéricas comprendidas entre Burgos-Atienza-Albarracín-Montalbán y Logroño». *Informe Inédito. C. G. S.* Madrid.
- (1974).—«Sierra de Albarracín». *VIII Curso de Geología Práctica. Colegio Universitario de Teruel*, pp. 20-50. Teruel.
- RIBA, O., y RIOS, J. M. (1960-1962).—«Observations sur la structure du secteur Sud-Ouest de la Chaîne Ibérique (Espagne)». *Mem. Soc. Géol. Fr. livre à la mém. du prof. P. Fallot*, t. I, pp. 275-290. París.
- RIBA, O.; MALDONADO, A.; PUIGDEFABREGAS, C.; QUIRANTES, J., y VILLENA, J. (1971).—«Hoja núm. 32 (Zaragoza). Síntesis de la cartografía existente». *Mapa Geológico de España. IGME*, núm. 32, pp. 1-33. Madrid.
- RIBA, O.; VILLENA, J., y MALDONADO, A. (1971).—«Hoja 40 (Daroca). Síntesis de la cartografía existente». *Mapa Geológico de España. IGME*, número 40, pp. 1-53. Madrid.
- RICHTER, G. (1930).—«Die Iberischen Ketten zwischen Jalón und Demanda». *Abh. Gs. Wiss. Göttingen Math-Phys. K. N. F.*, vol. 16, núm. 3, pp. 47-118. Berlín. Trad. en *Publ. Extr. sobre Geol. España*, IX, pp. 67-142. Madrid.
- (1930).—«Zum tektonik den Iberischen Ketten». *Abh. Gess. Wiss. Goth.*, vol. 5. Berlín.
- (1932).—«Der graben von Morés». *Abh. Preuss. Geol. Lds. Aust.*, vol. 139. Berlín.
- (1956).—«Fenómenos de despegue en el Triás de la Cordillera Ibérica». *Public. Extnj. sobre Geología de España (CSIC)*, t. 9, pp. 53-59. Madrid.
- RICHTER, G., y TEICHMULLER, R. (1933).—«Die entwicklung der Keltiberischen Ketten». *Abh. Ges. Wiss. Göttingen Math-Phys.*, vol. 2, núm. 7. Berlín.
- RICHTER, R., y RICHTER, E. (1948).—«Zur frage des Unterkambriums in Nordost Spanien». *Senckenbergiana*, vol. 29. Frankfurt. A. M.
- RIOS, J. M., y ALMELA, A. (1951).—«Estudios sobre el Mesozoico del borde meridional de la Cuenca del Ebro». *Libro Jubilar. IGME*, t. 3, p. 245. Madrid.
- SANCHEZ DE LA TORRE, L.; AGUEDA, J., y GOY, A. (1971).—«El Jurásico en el sector central de la Cordillera Ibérica». *Cuadernos de Geología Ibérica*, vol. 2, pp. 309-320. Madrid.
- SCHMIDT-THOME, M. (1968).—«Beiträge zur Feinstratigraphie des Unterkambrium in den Iberischen Ketten (Nordost-Spanien)». *Diss. Univ. Würzburg*, 141 pp. Würzburg.
- SCHMITZ, U. (1971).—«Geologische untersuchungen im Kambrium und Tremadoc der Westlichen Iberischen Ketten Nördlich Ateca (Zaragoza). NE-Spanien». *Diss.*, 132 pp. Münster.
- (1971).—«Stratigraphie und sedimentologie im Kambrium und Tremadoc der westlichen Iberischen/Ketten Nördlich Ateca (Zaragoza). NE-Spanien». *Münster. Forsch. Geol. Paläont.*, vol. 22, pp. 1-123. Münster.

- SDZUY, K. (1958).—«Neue Trilobiten aus dem Mittelkambrium von Spanien». *Senk. Leth.*, 39, pp. 235-253. Frankfurt.
- (1960).—«Zur Wende Präkambrium/Kambrium». *Paläont. Z.*, 34, pp. 154-160. Stuttgart.
- (1961).—«Das Kambrium Spaniens. Teil II: Trilobiten». *Akad. Wiss. Lit. Mainz. Abh. Math-Naturw. K.*, 7/8, pp. 218-411. Mainz.
- (1971).—«Acerca de la correlación del Cámbrico inferior en la Península Ibérica». *I. Congr. Hispano-Luso-Americano de Geol. Eco. Secc. Geol.*, te. 2, pp. 753-768.
- (1971).—«La subdivisión bioestratigráfica y la correlación del Cámbrico Medio de España». *I Congr. Hispano-Luso-Americano de Geol. Econ., Secc. Geol.*, t. 2, pp. 769-782.
- TISCHER, G. (1966).—«Über die Wealden-Ablagerung und die Tektonik der östlichen Sierra de los Cameros in den nordwestlichen Iberischen Ketten (Spaniens)». *Beih. Geol. Jb.*, vol. 44, pp. 123-164. Hannover.
- TRICALINOS, J. (1928).—«Untersuchungen über den bau Keltiberischen Ketten des Nordöstlichen Spaniens». *Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges.*, t. 80, pp. 409-482.
- VIALARD, P.—«Recherches sur le cycle Alpin dans la Chaîne Ibérique sud-occidentale». *Thèse. Univ. Paul Sabatier*, 445 pp. Toulouse.
- VILLENA, J. (1971).—«Estudio geológico de un sector de la Cordillera Ibérica comprendido entre Molina de Aragón y Monreal (provincias de Guadalajara y Teruel)». *Tesis doctoral Inéd.*, Univ. de Granada.
- (1976).—«Estudio geológico de un sector de la Cordillera Ibérica comprendido entre Molina de Aragón y Monreal (provincias de Guadalajara y Teruel) (Paleozoico)». *Bol. Geol. Min.*, t. 87, IV, pp. 329-354. Madrid.
- VILLENA, J.; RAMIREZ, J.; LINARES, A., y RIBA, O. (1971).—«Características estratigráficas del Jurásico de la Región de Molina de Aragón». *Cuadernos de Geología Ibérica*, vol. 2, pp. 355-374. Madrid.
- VIRGILI, C. (1954).—«Algunas consideraciones sobre el trazado de las costas españolas durante el Triásico». *Inst. Geol. Univ. Barcelona*, 206, 697-716, Barcelona.
- (1958).—«El Triásico de los Catalánides». *Bol. Inst. Geol. Min. de España*, 69, 856 pp., Madrid.
- (1960-62).—«Le Trias du Nord-Est de l'Espagne». *Mém. Soc. Geol. Fr. Livre à la Mém. du Prof. P. Fallot*, t. I, pp. 301-311. París.
- VIRGILI, C.; HERNANDO, S.; RAMOS, A., y SOPEÑA, A. (1973).—«Nota previa sobre el Pérmico de la Cordillera Ibérica y bordes del Sistema Central». *Acta Geol. Hisp.*, VII, 3, pp. 73-80. Barcelona.
- VIRGILI, C.; HERNANDO, J.; RAMOS, A.; SOPEÑA, A. (1973).—«La sédimentation permienne au centre de l'Espagne». *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, XV (5-6), pp. 109-112. París.
- WIENANDS, A. (1964).—«Über das Oberkarbon und das Alten des variscischen

- Faltung in der Sierra de la Demanda (Nordspanien, prov. Burgos und Logroño)». *N. Jb. Geol. Paläontol. Mh.*, 6, pp. 252-258. Stuttgart.
- WURM, A. (1911).—«Untersuchungen über den geologischen Bau und die Trias von Aragonien». *Zeitsch. Detsch. Geol. Ges.*, 63. Berlin.
- [1913].—«Beitrag zum Kenntnis der Iberisch-Balearischen Triasprovinz». *Verhandl. Natur-Mediz. Ver.*, 4, pp. 477-593. Heidelberg.

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



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA