



IGME

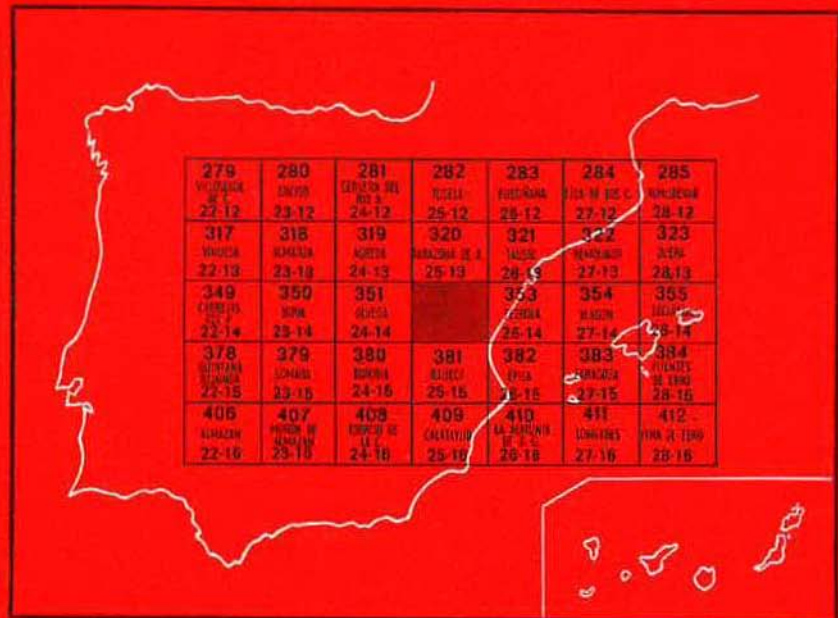
352**25-14**

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

TABUENCA

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA
E. 1:50.000

TABUENCA

Segunda serie - Primera edición

**SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA**

La presente Hoja y Memoria han sido realizadas por la Compañía General de Sondeos, S. A., habiendo intervenido los siguientes técnicos superiores:

En *Geología, confección final de la Hoja y Memoria*: Antonio Hernández Samaniego, Enrique Aragonés Valls, Pedro del Olmo Zamora, Mariano J. Aguilar Tomás y José Ramírez del Pozo.

En *Cartografía y trabajos del campo*: Antonio Hernández Samaniego, Enrique Aragonés Valls y Pedro del Olmo Zamora.

En *trabajos de Laboratorio (Petrografía, Sedimentología y Micropaleontología)*: Mariano J. Aguilar Tomás y J. Ramírez del Pozo.

En *Macropaleontología*: del Paleozoico, Miguel Arbizu Senosiain, Francisco Soto Fernández y Genaro L. García Alcalde; del Mesozoico, el Laboratorio de E. T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid.

Coordinación de los trabajos: José Ramírez del Pozo.
Supervisión del IGME: J. M. Barón Ruiz de Valdivia.

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 - 43.276 - 1980

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

1 INTRODUCCION

La Hoja de Tabuena se sitúa en el borde Norte de la Cordillera Ibérica, incluyendo parcialmente a la zona meridional de la Depresión del Ebro. Se encuentra en ella la Sierra del Moncayo, con el pico del mismo nombre, de 2.373 m. de altitud. La mayor parte de la superficie de la Hoja pertenece administrativamente a la provincia de Zaragoza, excepto el borde occidental, que corresponde a la de Soria.

El relieve es muy acusado, contrastando las alturas de la región occidental, donde se localiza la Sierra del Moncayo, cuyos picos más altos sobrepasan los 2.300 m., con las de la región Nororiental o Depresión del Ebro, donde la altura media es de unos 600 m. La red fluvial es poco importante, estando constituida por los ríos Huecha e Isuela, que nacen en las laderas de la Sierra del Moncayo, que constituye una importante divisoria. Los núcleos de población son poco numerosos e importantes, debiéndose mencionar las localidades de Tabuena, Talamantes, Vera de Moncayo, Bulbiente y Borja, esta última ubicada en parte en la Hoja de Tarazona de Aragón.

El área está cubierta por depósitos Paleozoicos (Cámbrico y Ordovícico Inferior), Triásicos, Jurásicos, Cretácicos (correspondientes al Inferior en facies Purbeck) y Neógenos (Mioceno). El Cuaternario aparece en forma de recubrimientos de escasa importancia.

Desde el punto de vista estructural se separan en la Hoja cinco unidades: Zona estructural de Jarque-Tablado, al SO.; el horst de Tabuena, al SE.; el anticlinorio Moncayo-La Tierga, que ocupa la mitad SE.; el sinclinorio de Litago-Talamantes, situado entre el anticlinorio de Moncayo-La Tierga y el horts de Tabuena y el borde meridional de la Depresión del

Ebro. Hay que destacar la superposición de las etapas tectónicas de las orogenias Hercínica y Alpina.

Respecto a minería, canteras y posibilidades de explotación de aguas subterráneas, la Hoja tiene un interés muy limitado.

La información previa, en lo que a cartografía geológica se refiere, se reduce al mapa 1:50.000 de la primera edición del Mapa Geológico de España, publicada en 1955 por BATALLER y LARRAGAN, y a los mapas 1:200.000 (Síntesis de la cartografía existente, Hoja de Zaragoza) publicado por el IGME, 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

En la Hoja de Tabuenca afloran materiales del Cámbrico, Ordovícico Inferior, Triásico, Jurásico, Cretácico Inferior, Mioceno y Cuaternario.

Los materiales correspondientes al Paleozoico se extienden en el ángulo SO. de la Hoja (unidad de Jarque-Tablado) y en el extremo oriental (horst de Tabuenca). En la primera área aflora la serie el Cámbrico Inferior y Medio, mientras que en la segunda la serie aflorante se incluye en el Tremadociense.

El Triásico ocupa una amplia franja que cruza la Hoja en dirección NO.-SE. (anticlinorio del Moncayo), extendiéndose también por otra franja que, con la misma dirección, se localiza al sur de Tabuenca.

Los materiales pertenecientes al Jurásico marino (Lías-Dogger-Malm Inferior) se localizan entre las dos bandas triásicas (sinclinorio Litago-Talamantes), extendiéndose también a lo largo de una franja que tiene la misma orientación que la del Triásico.

El Cretácico Inferior, junto al Malm Superior, presenta facies Purbeck y se extiende en la parte Norte del mismo sinclinorio de Litago-Talamantes, formando parte de la franja en la que aflora el Jurásico marino.

El Mioceno se extiende en dos áreas: en el ángulo NE. de la Hoja, donde se inicia la Depresión del Ebro, y en el borde Sur, donde se tiene la prolongación de la Depresión de La Cabota, mejor desarrollada en la Hoja de Illueca.

Finalmente, el Cuaternario tiene reducida extensión e importancia, salvo las terrazas que alcanzan cierto desarrollo en el río Huecha y los glaciares que recubren una amplia área al oeste de Litago.

2.1 CAMBRICO

La estratigrafía del Cámbrico de la Cordillera Ibérica fue descrita por LOTZE en 1929. En los trabajos posteriores se ha respetado en general la

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

Tabla 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.

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 y Medio, modificadas más tarde por SDZUY (1971). Véase en la tabla 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 Tremadociense.

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

2.1.1 CAMBRICO INFERIOR (CA_{11} , CA_{11}^1 , CA_{12} , CA_{12-13} y CA_{13})

En la Rama Oriental de la Ibérica, el Cámbrico Inferior 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, 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*, constituyen el piso Bilbiliense.

No aflora en el ámbito de la Hoja la formación basal de «cuarcitas de Bámbola», reconociéndose los términos más bajos del Cámbrico en la Sierra del Tablado, como pertenecientes a las «Capas de Embid». El resto de la serie aflora en la vertiente sur de la citada Sierra, llegando hasta términos del Cámbrico Medio.

La sección estratigráfica en que puede estudiarse la serie del Cámbrico Inferior es la de Tablado (1) (X=756.450; Y=787.525). En conjunto, el espesor aflorante de esta serie es de unos 400 m.

— *Capas de Embid* (CA_{11}).—Se reconoce una serie alternante de areniscas y limolitas que, hacia el techo, se hace más cuarcítica. Dominan los colores verdes oscuros, y son frecuentes las estructuras de corriente (marcas basales, estratificación cruzada y ripple-marks) y abundantes las pistas orgánicas.

Tanto las limolitas como las areniscas están constituidas fundamental-

mente por granos detríticos de cuarzo, plagioclasas más o menos sericitizadas y matriz sericítico-clorítica. Como accesorios, micas (moscovita, biotita), circón, turmalina y rutilo. Se aprecia, en los niveles con menos matriz, el desarrollo de texturas de presión-solución.

La potencia aflorante de las capas de Embid en la Sierra del Tablado es de unos 200 m.

QUARCH (1967) ha señalado en las capas de Embid del sinclinal de Borobia la presencia de *Astropolithon* DAWSON, una pista que se encuentra en el Cámbrico Inferior bajo del Norte de la Provincia de León.

— *Capas de Jalón* (CA₁₁).—Serie predominantemente limolítica, ligeramente arenosa en la base, evolucionando hacia limolitas más finas y algo calcáreas, hacia arriba, intercalándose 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, láminas de biotita ferruginizada y cloritas y matriz sericítico-clorítica, rica en óxidos de hierro.

La potencia de este tramo en el corte de Tablado es de unos 150 m.

— *Dolomía 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, aunque, localmente, estas intercalaciones pueden no presentarse.

Son dolomías secundarias, de grano grueso a muy grueso, conteniendo cuarzoidiomorfos y una ligera proporción de materia arcillosa y/o óxidos de hierro. Localmente las dolomías pueden estar muy silicificadas.

La potencia de las «dolomías de Ribota» oscila entre los 40 y 50 m.

La presencia típica de *Strenuaeva*, *Kingaspis* y *Lusatiops* en la dolomía de Ribota, permite situarla en la parte inferior del piso Marianiense de SDZUY.

— *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 clorítica con óxidos de hierro.

QUARCH (1967) registra la presencia de *Lusatiops ribotanus*, que define la edad Marianiense.

En la Hoja de Illueca, en las niveles superiores se encontraron Trilobites de la Subfamilia Neoredlichinae, correspondiente al género *Realaspis*.

La potencia es de unos 100 m., aunque en la sección de Tablado sólo se han reconocido los 10 m. inferiores.

— *Cuarcita 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, pirita.

En la cercana Mina Gardalia (Borobia), QUARCH describe un nivel cuarcítico con *Volborthella*, fósil sin valor estratigráfico (LOTZE, 1961).

Se han estimado unos 50 m. en la Sierra del Tablado.

2.1.2 CAMBRICO MEDIO (CA₁₃₋₂₁, CA₂₁₋₂₂, CA₂₂, CA₂₂₋₂₃)

Los afloramientos se localizan en la vertiente sur de la Sierra del Tablado, en el ángulo SO. de la Hoja, y la sección estratigráfica de detalle en que se incluye, es la de Purujosa (2) (X=758.050; Y=787.200).

Se han diferenciado en la cartografía cuatro tramos, de los cuales los tres inferiores corresponden a las capas de Murero de LOTZE, y el superior a las «Capas de Transición al Cámbrico Superior» de QUARCH. El paso al Cámbrico Superior tiene lugar a través de una potente sucesión de pizarras y areniscas que hemos denominado «Capas de Valdenaza».

— *Capas inferiores de Murero* (CA₁₃₋₂₁).—Tramo de pizarras y limolitas verdes con nódulos calcáreos, más abundantes hacia el techo, pudiendo llegar a formar bancos nodulosos. Las pizarras también se hacen más calcáreas hacia arriba y de aspecto más masivo. Son pizarras sericítico-cloríticas, a veces con pajuelas de micas (cloritas y moscovita), y óxidos de hierro. Los nódulos calcáreos son de naturaleza dolomítica, con textura granuda gruesa conteniendo algunos granos de cuarzo, tamaño limo, y moscovita. Hacia el techo del tramo y por disolución de los nódulos calcáreos se produce una morfología cavernosa en forma de «estratos rizados». Localmente se encontraron, en la vecina Hoja de Illueca, restos indeterminables de *Paradoxididos*, lo que prueba su edad Cámbrico Medio bajo. Sin embargo, los niveles basales que contienen *Termierella*, pertenecen aún al Cámbrico Inferior.

La potencia de este conjunto es de unos 150 m.

— *Limolitas nodulosas rojas* (CA₂₁₋₂₂).—De aspecto masivo y tonos rojizos, incluyen nódulos dolomíticos, análogos a los del tramo inferior. Están formados por una fracción de granos de cuarzo detrítico, tamaño limo, y pajuelas de moscovita, en matriz serítico-clorítica, muy rica en óxidos de hierro. Ocasionalmente pueden llegar, por aumento del contenido en cuarzo

y micas, a limos arcillosos. En determinados niveles de esta unidad, en la Hoja de Illueca se reconocieron placas de Eocrinoideos del género *Eocystites*, que ha sido citado en el Cámbrico Medio de Francia, Marruecos y España. Por su situación, su edad debe de ser Cámbrico Medio-Medio Inferior, y probablemente el límite inferior esté aún en el Cámbrico-Medio bajo.

En conjunto, la potencia de este tramo es de unos 50 m.

— *Capas superiores de Murero* (CA₂₂).—Son pizarras verdes, de constitución petrográfica similar a las del tramo anterior, ocasionalmente ricas en cloritas, con foliación incipiente. Lo más característico de este conjunto es la abundancia de Trilobites, entre los que se han clasificado *Paradoxides reuvillei* MIQUEL, *Paradoxides* cf. *brachyrhachis* LINNARS y *Agraulos?* sp. En la Hoja de Illueca, en estas mismas capas superiores de Murero, se reconocieron, además de las especies citadas de Trilobites, las siguientes: *Paradoxides pradoanus* VERN. y BARRANDE, *Peronopsis* cf. *fallax* (LINNARS) y *Conocoryphe* (*Conocoryphe*) cf. *heberti* (MUN.-CHALM. y BERGER). Todas estas especies definen una edad de la parte media del Cámbrico Medio.

El espesor del tramo es de unos 50 m.

— «*Capas de Transición*» (CA₂₂₋₂₃).—Sucede a las capas de Murero un tramo fundamentalmente arenoso con intercalaciones de pizarras verdes que contienen restos indeterminables de Trilobites, denominado «Capas de Transición al Cámbrico Superior» por QUARCH.

Las areniscas, en bancos de espesor inferior a 1 m., presentan con frecuencia laminación de ripples, y están formados por granos de cuarzo de tamaño arena fina, láminas de moscovita y limolita y matriz clorítica, con abundantes óxidos de hierro y texturas de presión-solución.

La potencia de este tramo es de unos 70 m.

2.1.3 TECHO CAMBRICO MEDIO-CAMBRICO SUPERIOR («CAPAS DE VALDENAZA, CA₂₃₋₃»)

Hacia arriba, las «Capas de Transición» pasan a una sucesión alternante de pizarras y areniscas y limolitas con estructuras de corriente, impacto, sobrecarga y reptación.

El conjunto tiene cierto carácter turbidítico, y es de color verde oliva. La potencia máxima observada en la Hoja es de 500 m., pero en la vecina Hoja de Illueca es superior a los 1.000 m.

Por su posición superior al Cámbrico Medio y por sus características litológicas esta unidad puede considerarse como equivalente de la Formación Acón (SCHMITZ, 1971), de edad Cámbrico Medio-Superior a Cámbrico Superior.

Aflora al sur de la Sierra de Tablado, y la parte superior de la serie está erosionada.

2.2 ORDOVICICO

En el cuadrante NE. de la Hoja aflora una sucesión de cuarcitas y pizarras con escasos fragmentos de Braquiópodos comparable con la unidad de la Serie Ibérica de SCHMITZ y JOSOPAIT y que, por tanto, debe de incluirse en el Tremadociense.

2.2.1 TREMADOCIENSE (O₁₁)

Sin relación con el tramo anteriormente descrito, aflora en la serie de Tabuena (sección 3) (X=779.225; Y=793.700) una potente sucesión detrítica, superior a los 1.000 m. de espesor, constituida por cuarcitas claras en bancos gruesos, con intercalaciones de pizarras verdes y areniscas amarillentas.

Las cuarcitas y areniscas son generalmente masivas, a veces con estratificación cruzada, base erosiva, y pistas orgánicas de tipo *Vexillum*. Las pizarras contienen nódulos limolítico-calcáreos en cuyo interior se encuentran restos inclasificables de Branquiópodos (Orthida).

Las cuarcitas y areniscas están formadas por granos detríticos de cuarzo tamaño arena media a gruesa, matriz clorítica desigualmente desarrollada, a veces residual, y cemento de óxidos de hierro. La «cuarcificación» se debe a crecimiento secundario de los granos de cuarzo. Algunos niveles presentan moldes de bivalvos, perforaciones de anélidos y estructuras orgánicas fibrosas. Se ha intentado un estudio de Conodontos en los nódulos calcáreos, con resultado negativo. Se han reconocido placas de Equinodermos correspondientes a Cistoideos rombíferos o a Eocrinoideos del género *Mimocystites*, de probable edad Ordovícico Inferior. Esta circunstancia, debido a las características litológicas, permite correlacionar esta unidad con la Fm. Dehesa de Josopait (1972), de edad Tremadociense.

También se han atribuido a esta unidad dos pequeños asomos que aparecen bajo el Trías del Anticlinal de Moncayo (Sección de Moncayo, 4) (X=755.175; Y=800.400).

2.3 TRIASICO

Ya se ha indicado que aflora extensamente en una amplia franja que se extiende al norte de Beratón y que atraviesa la Hoja en dirección NO.-SE., y en otra, de dimensiones más reducidas, que se localiza al sur de Tabuena.

Se reconocen sedimentos en facies Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper.

Del Muschelkalk se han separado dos tramos o unidades cartográficas. El estudio detallado de la estratigrafía del Triásico se lleva a cabo a partir de la columna de Beratón (5) (X=756.600; Y=791.650).

2.3.1 FACIES BUNTSANDSTEIN (T_{G1})

Es el tramo del Triásico que ocupa mayor extensión en la Hoja, presentándose su techo en contacto mecanizado con otros del Triásico o incluso con el Rethiense-Hettangiense.

Regionalmente la serie comienza por un nivel de 5 a 10 m. de conglomerados y microconglomerados rojizos de cantos de cuarcita de hasta 20 mm. y matriz arcilloso-arenosa con costras de limolita. Presentan intercalaciones de areniscas rojizas de grano grueso con estratificación cruzada, que son areniscas con cemento silíceo y matriz sericítica (ortocuarcitas). Sigue un tramo de unos 60 m. de areniscas rojas de grano fino a medio, subredondeado, con matriz arcillosa y cemento silíceo, que presenta algunas intercalaciones de arcillas y limolitas rojas. Por encima se desarrolla un tramo de unos 35 a 50 m. en el que predominan las limolitas y arcillas rojas y verdes, en lajas, con delgadas intercalaciones de areniscas blanquecinas, con abundante moscovita y estratificación cruzada. El tramo situado por encima vuelve a tener un carácter predominantemente arenoso, con una potencia de unos 40 m. Son areniscas rojizas de grano medio a grueso, con moscovita, cemento silíceo y matriz arcillosa estratificadas en delgadas capas (lajas de 3 a 8 cm.), presentando intercalaciones de limolitas laminadas y arcillas rojizas. Termina la serie de facies Buntsandstein con un tramo de unos 25 m. de limolitas rojizas, laminadas, con delgadas intercalaciones de areniscas rojizas, semejantes a las descritas anteriormente, así como de arcillas rojas.

Los distintos tramos descritos presentan generalmente continuidad a lo largo de los afloramientos de la Hoja, aunque las potencias de los mismos pueden variar dentro de amplios límites.

En la región del Moncayo las areniscas del Buntsandstein se presentan con un intenso grado de diagénesis, dando lugar a cuarcitas, tratándose, probablemente de un metamorfismo incipiente, aunque no se han llegado a formar minerales metamórficos de neoformación.

2.3.2 FACIES MUSCHELKALK (T_{G2A} y T_{G2C})

Se trata de una serie muy reducida de potencia, que se dibuja en la cartografía en forma de bandas muy estrechas. La existencia de un nivel plástico en su parte inferior, hace que en la mayor parte de los casos la serie esté deslizada y, cuando al menos, que todos los contactos sean mecanizados. Este tramo plástico de la parte baja del Muschelkalk es el que da lugar a que el techo de la facies Buntsandstein presente también

su contacto mecanizado. En la cartografía se han separado dos tramos o unidades.

a) T_{c2a} : Tramo inferior que comienza por calizas dolomíticas arcillosas (dolomicritas) de tonos blanco rosados, con Gasterópodos *Turbonilla dubea* MUNSTER, *Glomospira* y *Halobia*. Sigue un tramo de arcillas y margas amarillo-verdosas y violáceas, que pueden presentar intercalaciones de yesos masivos rojos y verdes de hasta 2 m. Las calizas dolomíticas inferiores tienen escaso espesor, pudiendo reducirse o casi llegar a desaparecer, como sucede en la columna de Beratón, donde pasan lateralmente a un tramo de 2 m. de margas verde-amarillentas.

En cambio, el tramo plástico (arcilloso y/o yesífero) superior tiene una potencia de unos 16 a 25 m., pudiendo presentar una intercalación de areniscas rojas en su base.

b) T_{c2c} : Es el tramo más desarrollado del Muschelkalk formado por dolomías y calizas. La parte inferior suele ser más dolomítica y al mismo tiempo masiva (dolosparitas) dominando los tonos grisáceos, parduzcos y verdosos, mientras que la superior se hace muy tableada, más microcristalina (dolomicritas y dolomías finamente cristalinas) al tiempo que se intercalan margas gris-negruzcas o verdosas. En esta parte superior se han reconocido secciones de *Frondicularia woodwardi* HOWCH, Gasterópodos, Lamelibranquios y restos de Crinoideos. En la columna de Beratón solamente se han medido 8 m. de serie que corresponden a la parte alta de la unidad cartográfica, ya que los tramos inferiores de la misma deben faltar debido a que los contactos con la serie plástica de la unidad inferior se presentan mecanizados. El espesor regional del Muschelkalk calizo-dolomítico es de unos 30-40 m.

2.3.3 FACIES KEUPER Y OFITAS (T_{c3} y $T_{c\omega}$)

Los materiales de facies Keuper (T_{c3}) 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 presentarse algunas intercalaciones de margas arenosas amarillentas. La potencia del Keuper en la columna de Beratón es de 30 m., aunque regionalmente es difícil de medir por presentarse sus contactos muy mecanizados.

Las ofitas ($T_{c\omega}$) afloran en manchas aisladas en los alrededores de la Peña de las Armas, Los Cocones, el vértice Morrón y bajo el Terciario de la Depresión del Ebro, donde se han separado en la cartografía. Se encuentran normalmente muy alteradas, estando compuestas por plagioclasa (sericita), piroxenos (cloritas) y opacos. Presentan una textura porfídica holocristalina de tipo diabásico u ofítico.

2.4 TECHO TRIASICO - JURASICO MARINO

Estos materiales afloran entre las dos bandas del Triásico (Sinclinorio de Litago-Talamantes). En la cartografía se han separado cinco unidades: Rethiense-Hettangiense, Sinemuriense Inferior a Medio, Sinemuriense Superior a Toarciense, Dogger y Oxfordiense-Kimmeridgiense.

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 Barranco Pajares (6) (X=770.800; Y=794.075), Río Huecha (7) (X=766.250; Y=801.300), Talamantes (8) (X=767.525; Y=793.850) y Cerro Valcortín-Litago (9) (X=764.675; Y=802.800). El tramo dolomítico inferior se estudia también en la parte superior de la columna de Baratón (5) (X=756.450; Y=790.750).

2.4.1 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 de carniolas varía bastante de unos lugares a otros, pasando su parte inferior a las arcillas abigarradas de la facies Keuper, siendo la potencia media dentro de la Hoja de unos 20 m.

b) Conjunto de brechas dolomíticas con algunos cantos calizos hacia la parte superior. Son generalmente masivas, de tonos gris-oscuro, presentando, localmente, un cemento rojizo ferruginoso, así como una carstificación bastante acusada, con mineralizaciones de hierro. En los tramos de brechas calizas de la parte superior, hay cantos de micritas con secciones de Ostrácodos y restos de Crinoideos. Localmente se observan intercalaciones de calizas dolomíticas estratificadas en capas muy finas, bandeadas («rubané»). La potencia del tramo de brechas es, dentro de la Hoja, de unos 20-30 m., faltando en muchos lugares o reduciéndose considerablemente por presentarse laminadas.

2.4.2 SINEMURIENSE INFERIOR A MEDIO (J₁₂¹²)

Esta unidad está definida por un conjunto de calizas de tonos grisáceos, estratificadas en bancos de 10 a 60 cms., que, hacia arriba, se hacen más tableadas al tiempo que empiezan a intercalarse niveles centimétricos de margas de tonos grises y violáceos. En algunos niveles son algo arcillosas y contienen restos de Braquiópodos y Pectínidos. Generalmente son micritas fosilíferas con restos de Ostrácodos, Ostreidos, Gasterópodos, Braquió-

podós y Crinoideos; en algunos lechos, son pseudoolíticas (oomicritas), La potencia media de esta unidad es regionalmente de unos 25 m., aunque en algunos lugares puede presentarse laminada.

2.4.3 SINEMURIENSE SUPERIOR-PLIENSBACHIENSE-TOARCIENSE (J³⁻⁰₁₂₋₁₄)

Definido por una monótona alternancia de calizas arcillosa 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.

La potencia de la unidad sobrepasa los 160 m. en la columna de Talamantes, en la que no se estudian sus términos bajos. En la de Barranco Pajares hay una falla que afecta prácticamente a casi todo el tramo.

Los niveles inferiores, correspondientes al Sinemuriense Superior, estudiados en la columna de Barranco Pajares, se caracterizan por predominar las calizas sobre las margas, estratificadas en capas de 10 a 40 cms. con delgados niveles intercalados de margas gris-verdosas, areniscas, con restos de Belemnites. Las microfácies son de micritas fosilíferas a biomicritas con secciones de *Lingulina* gr. *pupa* (TERQ.), *Glomospira*; Gasterópodos, Lamelibranquios, Ostreidos y Braquiópodos. La microfauna de las muestras margosas ha sido estudiada en la Hoja de Illueca, en la que se determinaron entre otras las siguientes especies: *Astacolus rectalunga* BART. y BRAND., *Astacolus matutina* (D'ORB.), *Astacolus prima* (D'ORB.), *Lingulina pupa* (TERQ.), *Lenticulina münsteri* (ROEM.), *Lenticulina varians* BORN., *Hungarella* sp. B (APOST.), *Hungarella etaulensis* (APOST.), *Krausella lanceolata* APOST., *Bairdia molesta* APOST., *Procytheridea* aff. *undata* APOST., *Procytheridea* aff. *multicostata* KLING. y NEUW., *Lophodentina crepidula* (BLAKE), *Procytheridea* cf. *vermiculata* APOST., y *Healdia?* *mouhersensis* (APOST.). Todos estos niveles son riquísimos en macrofauna, principalmente Braquiópodos, habiéndose determinado, en la vecina Hoja de Illueca, entre otras, las siguientes especies: *Pseudopecten aequivalvis* SOW., *Lobothyris subpunctata* QUENST., *Terebratula sinemuriensis* OPPEL., *Terebratula* gr. *jauberti* DESL., *Terebratula* gr. *resupinata* SOW., *Terebratula ovolum* QUENST., *Terebratula thomarensis* SOW., *Rhynchonella tetraedra* var. *northamptonensis* WALK., *Durmotieria haugi* GEYER, *Waldheimia darwini* DESL., *Pleuromya liasina* SCHUB., *Pleuromya tiucasí* (DUM.), *Tetrahynchia tetraedra* (SOW.), *Epithyris subovoides* (ROEM.) y *Lima succinta* SCHLOT.

El Pliensbachense viene definido por una alternancia de margas y calizas arcillosas, con predominio de las primeras. Las microfácies son, como en el Sinemuriense Superior, micritas fosilíferas a biomicritas con secciones de Lagénidos y de Moluscos. La microfauna es relativamente frecuente, principalmente en Lagénidos y Ostrácodos, habiéndose reconocido en la Hoja de Illueca, entre otros, los siguientes: *Frondicularia bicostata* (D'ORB.),

Astacolus cf. *radiata* (TERQ.), *Marginulina prima* D'ORB., *Dentalina terquemi* (D'ORB.), *Lingulina pupa* (TERQ.), *Pseudoglandulina* cf. *tenuis* (BORN.), *Pseudoglandulina* cf. *abreviata* (BORN.), *Hugarella contractula* (TRIEBEL), *Hugarella amalthei* (QUENST.) y *Polycope decorata* APOST. La macrofauna es también abundante, habiéndose determinado muchas especies de Braquiópodos ya mencionadas en el Sinemuriense Superior junto a las siguientes especies de Braquiópodos y Ammonites: *Spiriferina alpina* OPP., *Waldheimia resupinata* SOW., *Spiriferina rostrata* SCHLOT., *Fuciniceras lavinianum* NEUMB., *Grammoceras normanianum* D'ORB. y *Pecten* cf. *pradoanus* VERN.

El Toarciense también se caracteriza por ser una alternancia de margas y calizas arcillosas. Es a partir del Toarciense Superior cuando aparecen, en las microfacies, los primeros microfilamentos. La microfauna es muy característica, destacándose, en las muestras estudiadas de la Hoja de Illueca, la presencia de *Vaginulina proxima* (TERQ.), *Lenticulina subalata* REUSS, *Ammobaculites* aff. *fontinensis* (TERQ.), *Lenticulina d'orblgnyi* (ROEM.), *Nodosaria* cf. *metensis* TERQ., *Cytherella toarcensis* BIZON y *Procytheridea sermoisensis* APOST. Entre la macrofauna mencionaremos *Grammoceras striatulus* SOW., *Bouleiceras nitescens* THEU., *Renziceras nau-sikae* RENZ, *Hildoceras bifrons* BRUG., *Hildoceras sulevisoni* FUC., *Orthil-daites orthus* BUCK, *Sphaerocoeloceras brochiiforme* JAW., *Plicatula spinosa* SOW., *Spiriferina nickesi* CORR., *Astarte subtetragona* MUNST. y *Pleuroto-maria intermedia* MUNST.

2.4.4 DOGGER (J₂)

Aflora extensamente al norte de Talamantes, en el sinclinorio de Litago-Talamantes. En la columna de Talamantes tiene una potencia superior a los 400 m., espesor que sin la menor duda se reduce en otros lugares de la Hoja. De todos modos, la potencia de la columna de Talamantes puede ser anómala, debido a que por situarse en una zona muy intensamente tectonizada, podrían existir repeticiones. Se trata de una serie monótona de margas y calizas arcillosas, negruzcas, con pirita. Son biopelmicritas, biomicritas o micritas fosilíferas, arcillosas conteniendo microfilamentos, *Ammobaculites* cf. *fontinensis* (TERQ.) (en los tramos bajos), *Cornuspira*, *Lenticulina*, *Globochaete alpina* LOMB., *Eothrix alpina* LOMB., *Haplophragmium* (en la parte alta del Dogger), *Ataxophragmiidae*, restos de Crinoideos y de Moluscos. En las muestras de margas de la parte superior, se han reconocido en los levigados: *Lenticulina subalata* REUSS., *Lenticulina münsteri* (ROEMER), *Lenticulina quenstedti* GUMB., *Haplophragmium aequale* (ROEMER), *Cornuspira* cf. *orbicula* (T. y B.), *Cytherella*, radiolas de Crinoi-deos y restos de Moluscos.

En detalle se diferencian en el campo dos intercalaciones de calizas

que presentan cierta continuidad: una situada en el techo del Bajociense, con *Bigotites lanquienel* NICOL. y *Parkinsonia parkinsoni* (SOW.) y otra intrabathonense, que lateralmente puede alcanzar mayor desarrollo y pasar a calizas oolíticas, como sucede en la Hoja de Illueca.

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.

2.4.5 OXFORDIENSE-KIMMERIDGIENSE (J₃₁₋₃₂)

Como en el caso del Dogger, aflora en el sinclinorio de Litago-Talaman-tes. Se distinguen dos tramos litológicos:

a) El inferior, constituido por calizas arenosas, brechoideas, negras, con pirita y abundante materia carbonosa. Son biomicritas con «*Protoglobigerinas*», *Epistomina* (*Brotzenia*), *Ammobaculites* aff. *coprolithiformis* SCHWAG., *Lenticulina*, *Lithistidae*, *Eothrix alpina* LOMB., *Astacolus*, *Spirillina*, espículas y restos de Crinoideos. En algunos niveles estas calizas son pisolíticas, presentando calcificaciones algales. Son normalmente ricas en macrofauna, principalmente Espongiarios y Ammonites: *Discosphinctes* sp., *Ochetoceras canaliculatum* (BUCH.), *Dichotomoceras dichotomus* (BUCH.), *Lissoceratoides erato* (D'ORB.), *Cribospongia clatrata* GODDF., *Orthosphinctes tiziani* OPPEL y *Divisosphinctes bifurcatus* OUEST. La potencia de este tramo calizo no sobrepasa regionalmente los 15 m.

b) Conjunto de carácter esencialmente margoso. Son margas arenosas, gris-oscuros, que en la mayor parte baja presentan intercalaciones de calizas arcillosas y limolíticas de los mismos tonos, con nódulos esféricos de pirita. Se caracterizan por contener la siguiente microfauna: *Lenticulina quenstedti* GUMB., *Lenticulina subalata* REUSS, *Astacolus tricarinnella* REUSS, *Epistomina* (*Brotzenia*), *Cytherella suprajurassica* OERTLI y *Prontocyprilla* cf. *suprajurassica* OERTLI. En la parte baja del tramo margoso, próximo a las calizas se ha reconocido *Perisphinctes* sp. y *Dichotomoceras dichotomus* (BUCK), que definen niveles del Oxfordiense Superior. Tanto la micro como la macrofauna citadas corresponden a niveles de la parte baja del tramo, ya que los niveles altos se presentan normalmente cubiertos. Por ello, y aunque los fósiles encontrados parece que corresponden al Oxfordiense, la unidad se asigna también a la parte inferior del Kimmeridgiense, que podría estar incluido en los niveles altos no aflorantes. El espesor de este tramo margoso es de unos 15-20 m.

2.5 MALM SUPERIOR -CRETACICO INFERIOR

Este conjunto, que en la Hoja presenta siempre facies Purbek, aflora exclusivamente en la parte norte del sinclinorio de Litago-Talaman-tes,

donde está muy cubierto por glaciés cuaternarios. Se han separado en la cartografía tres unidades: una inferior, de carácter terrígeno, que corresponde al techo del Jurásico; otra intermedia, caliza y lacustre, que se localiza en la base del Cretácico, y una tercera, constituida por calizas, margas y limos de edad Berriasiense a Valanginiense.

El estudio estratigráfico de estos tramos se realiza a partir de la sección de Cerro Valcortin-Litago (9) (X=764.675; Y=802.800).

2.5.1 KIMMERIDGIENSE-PORTLANDIENSE EN FACIES PURBECK (GRUPO «TERA») (J_{p32-33})

Esta unidad está definida por un potente conjunto esencialmente terrígeno, constituido por areniscas de tonos grisáceos, verdosos y amarillentos, bien estratificadas, que en los tramos bajos son de grano grueso e incluso microconglomeráticas. Alternan con arcillas rojas y verdosas. Hacia la parte superior se intercalan algunas calizas arcillosas negras, cuya potencia no sobrepasa los 5 m. y que lateralmente pasan a brechas calcáreas de carácter algal. Son micritas con Oogonios de Charáceas, Ostrácodos y Casterópodos. En la base de las calizas se observan margas negras con *Scabriculocypris trapezoides* ANDERS., *Bisulcocypris* sp. y *Clavator* cf. *grovesi* HARRIS., mientras que todas las muestras tomadas en las arcillas rojas han sido estériles. Las areniscas están constituidas por granos de cuarzo, plagioclasas, láminas de moscovita, cemento calizo y matriz sericítica. En los tramos bajos contienen fragmentos de calizas.

Este conjunto corresponde al Grupo que BEUTHER y TISCHER (1966) denominan «Tera» y tiene una potencia de unos 520 m. La edad viene definida por los microfósiles mencionados.

2.5.2 BERRIASIENSE-VALANGINIENSE EN FACIES PURBECK (GRUPO «ONCALA») (C_{p11} y C_{p11-12})

Los demás niveles de facies Purbeck incluidos en la Hoja tienen un carácter lacustre, correspondiendo Grupo de «Oncala» (TISCHER, 1966; BEUTHER, 1966). En la cartografía se separan dos unidades:

— *Calizas lacustres inferiores* (C_{p11}).—80 m. de calizas blancas, con pirita en la parte inferior y arcillosas y negras en la superior. Contienen escasos restos de Characeas, Ostrácodos y Moluscos.

— *Calizas, margas y limos superiores* (C_{p11-12}).—Más de 300 m. en los que alternan calizas de tonos crema (micritas arcillosas fosilíferas) con margas y limos de tonos blanquecinos y verdosos. Localmente hay niveles de areniscas amarillentas de grano fino, con pirita. En los niveles margosos se ha determinado: *Scabriculocypris trapezoides* ANDERS., *Cypridea* cf. *dun-*

keri JONES, *Cypridea* cf. *inversa* MARTIN, *Darwinula leguminella* (FORBES), *Mantelliana purbeckiensis* (FORBES), *Bisulcocypris* sp., *Rhinocypris* sp., *Po-rochara* sp. y *Clavator* cf. *reidi* GROVES. El techo de la unidad no es visible, aflorando los niveles más altos en el eje del sinclinal de Litago.

2.6 MIOCENO

Como se ha dicho en la introducción de este capítulo, dentro del ámbito de la Hoja los sedimentos del Mioceno afloran en dos áreas: en el ángulo NE. de la misma, donde se inicia la Depresión del Ebro, y en el borde S., donde se encuentra la prolongación de la Depresión de La Cabota, bien desarrollada en la Hoja de Illueca. Se separan en la cartografía dos tramos con litofacies diferentes: uno inferior, y al tiempo paso lateral del superior de carácter terrígeno, y otro superior, de tipo calizo y lacustre. Este último aflora solamente en la Depresión del Ebro. Para el estudio estratigráfico del Mioceno se ha levantado la columna de Ainzón (10) (X=778.450; Y=802.750).

2.6.1 BURDIGALIENSE-VINDOBONIENSE SUPERIOR-PONTIENSE (?) (T^{Ba-Bc}_{c12-12})

Ya se ha indicado que este tramo inferior tiene un carácter acusadamente terrígeno y que aflora en las dos zonas en las que se extienden los sedimentos terciarios en la Hoja. Se caracteriza por una serie de conglomerados de cantos rosados de caliza y de cuarzo con matriz limosa rosada, que pasan lateralmente a areniscas gruesas y que presentan intercalaciones de limolitas y arcillas limolíticas de tonos rojizos y parduzcos. La mayor parte de los bancos de conglomerados y de areniscas se disponen en forma de relleno de paleocanales, siendo muy frecuentes las cicatrices o superficies de erosión. Se trata, por tanto, de un depósito de tipo molásico que carece de microfósiles o en el caso de contenerlos son siempre resedimentados de niveles mesozoicos. En la zona sinclinal de La Cabota, en la Hoja de Illueca, los niveles más altos, tanto los que son cambio lateral de la serie lacustre, que se describirá en el siguiente apartado, como los que se sitúan por encima de estos, continúan teniendo un carácter marcadamente terrígeno, aunque presentan ya intercalaciones delgadas de calizas lacustres y margas blanquecinas. En alguno de estos niveles lacustres se ha observado *Cypria curvata* LIEN., junto a Gasterópodos de los géneros *Hydrobia* y *Lmnaea*, que corroboran la edad Vindoboniense Superior o incluso Pontiense para estos tramos altos con intercalaciones lacustres. En cambio, en las zonas donde la serie terrígena se sitúa por debajo del tramo lacustre separado y descrito en el siguiente apartado, la edad del techo de aquélla viene dada por la de su suprayacente. En todo caso entre una y otra serie existe un paso gradual fácilmente

observable en el campo. Respecto a que su base pueda llegar a ser Burdigaliense existen muchas dudas, ya que en el ámbito de la Hoja, la serie aflorante no alcanza edades tan antiguas, aunque en profundidad podría llegar a tener dicha edad, por cuya razón en la leyenda del mapa se ha considerado esta posibilidad extrema. La potencia de esta unidad en las zonas donde se presenta más completa no sobrepasa los 250 m.

2.6.2 VINDOBONIENSE SUPERIOR-PONTIENSE (T_{c11-12}^{Bc})

Esta unidad cartográfica está definida, como se ha señalado más arriba, por un conjunto de calizas lacustres, de tonos claros a beige, oncolíticas o algales en varios niveles, con importantes intercalaciones de margas blanquecinas y tobáceas en determinados tramos. Las calizas son micritas o biopelmicritas recristalizadas y biomicritas, conteniendo en todos los casos estructurales algales, secciones de Ostrácodos y de Gasterópodos. Los levigados de los niveles margosos contienen Gasterópodos (*Hydrobia*, *Gerthium*, *Planorbis*, *Limnaea*) y Ostrácodos (*Cypria curvata* LIEN. y *Cyprideis* sp.). *C. curvata* caracteriza al Vindoboniense y Pontiense de Alemania. Esta unidad aflora solamente en la Depresión del Ebro, quedando reducidos los afloramientos a pequeños cerros coronados por las calizas lacustres.

2.7 CUATERNARIO

Están representados el Pleistoceno por terrazas fluviales, glaciares y morrenas, así como el Holoceno por depósitos aluviales y coluviales. Además, existe un Cuaternario indiferenciado constituido por fondos de valle, terraza inferior y aluvial en las proximidades de Trasmoz.

2.7.1 PLEISTOCENO (Q_1T_1 , Q_1T_2 , Q_1T_3 , Q_1G y Q_1)

Las *terrazas fluviales* (Q_1T_1 , Q_1T_2 y Q_1T_3) adquieren importancia en el valle del río Huecha, entre Bulbuent y Borja. Se han reconocido tres niveles de terrazas, situadas respectivamente a unos 60-80 m., 10-20 m. y 5-10 m. sobre el nivel actual del río. Están constituidas por gravas empastadas en una matriz limoso-arenosa, con lentejones de arenas de grano medio.

Los *depósitos de glaciares* (Q_1G) se sitúan en el extremo noroccidental de la Hoja. Litológicamente están constituidos por cantos y bloques redondeados incluidos en una matriz arenosa.

Alcanzan potencias próximas a los 30 m. en la zona comprendida entre Añón y Litago.

Los *depósitos glaciares (morrenas)* (Q_1) se localizan en la vertiente nor-oriental de la Sierra del Moncayo. CARANDELL y GOMEZ DE LLARENA

(1918) describieron los principales circos, que son los situados junto al cerro de San Miguel. En las morrenas, situadas a 1.800 m. de altura, se hallan bloques erráticos de hasta 10 m³.

2.7.2 HOLOCENO (Q₂Al y Q₂C)

Los *aluviones* (Q₂Al) están constituidos por bolos y gravas heterométricas y heterogéneas con abundante matriz areno-arcillosa y materia orgánica. Destacan los del río Huecha, así como los de los arroyos de Los Moros, Valjunquera y Peñezuela.

De los depósitos *coluviales* (Q₂C) solamente se han señalado en la cartografía aquellos que por alcanzar gran desarrollo no permiten la interpretación de la estructura geológica subyacente. Este es el caso de la zona situada al SO. de Beratón y al SE. de Talamantes.

2.7.3 CUATERNARIO INDIFERENCIADO (Q)

En la zona situada entre Trasmoz y Vera de Moncayo, existen unos depósitos de gravas, arenas y limos que, por su disposición morfológica, incluyen a la terraza inferior, fondo de valle y aluvial. Además de los depósitos del río Huecha se incluyen como Cuaternario indiferenciado a los de carácter aluvial de los arroyos de Los Huertos y Val, en las inmediaciones de Trasmoz.

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 orogenias herciniana y alpina. La caracterización de fases de plegamiento prehercínicas es dificultosa, ya que no se observan lagunas estratigráficas ni discordancias angulares en las series paleozoicas. Tales fases parecen 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 identificación del Tremadociense en las «Capas de Ateca» ha modi-

ficado las ideas establecidas sobre los movimientos tectónicos del Ordovícico Inferior. El paso del Cámbrico al Ordovícico viene dado por niveles de conglomerados, localmente potentes (conglomerados de Necutiu, en la Sierra de la Demanda), probablemente correlacionables con la fase Toledánica de los movimientos sárdicos (LOTZE, 1956). Por otra parte, no ha sido identificada claramente una discordancia en la base de la «Cuarcita Armoricana». En cualquier caso, la supuesta laguna estratigráfica entre esta formación y el Cámbrico Superior, se ha visto muy reducida con la identificación del Tremadociense. LOTZE ha propuesto el nombre de fase Ibérica para los movimientos preskiddawienses.

Los movimientos caledónicos no han sido identificados en la Cordillera Ibérica. En el sector septentrional de ésta, el Triás 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 Westfaliense B-C 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 materiales 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-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 todo 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 Triás Medio y Superior en algunas áreas, por ejemplo en Calcena (Hoja de Illueca), Cuevas de Agreda (Hoja de Tabuenca), 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 Triás, 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 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 Aústrica, 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 Sávica, 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 esbozados durante las últimas etapas hercínicas. Sobre ellos, el Buntsandstein se ha comportado como un «tegumento» por encima del cual los niveles plásticos del Muschelklak 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 frecuente los sinclinales tumbados y las imbricaciones en escamas. En zonas algo alejadas de éstas 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 una discordancia tectónica 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, con cobijaduras, y una posterior, de distensión, que originó una serie de fallas normales en relevo, que hunden 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 DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS

En la Hoja de Tabuenca pueden distinguirse cinco grandes unidades estructurales, que son:

a) Zona estructural de Jarque-Tablado:

Extendida en el ángulo suroccidental de la Hoja, consiste en un sinclinal fracturado que se prolonga hacia el Sur, en la Hoja de Illueca, y por el Oeste en la Hoja de Olvega (Sinclinal del Arroyo de la Virgen). El sinclinal está estructurado en materiales cámbricos (en la Hoja sólo está representado el flanco Norte) con dirección ESE-ONO., y entra en contacto, hacia el Norte, con el Mesozoico por medio de una falla inversa de dirección paralela al eje del pliegue que gira hacia el Sur, hasta tomar una orientación NNO.-SSE.

b) Horts de Tabuenca:

Se localiza en la parte suroriental de la Hoja y consiste en un sistema de bloques separados por fallas de dirección NO.-SE., en que afloran alternativamente materiales del Paleozoico y del Buntsandstein.

c) Anticlinorio Moncayo-La Tierga:

Ocupa prácticamente la mitad suroccidental de la Hoja y está formado por materiales del Buntsandstein y mesozoicos posteriores. Los primeros forman pliegues anticlinales de gran radio, alineados según direcciones NO.-SE. (en la parte Norte), evolucionando, hacia el Sur, a direcciones casi Norte-Sur. Los materiales mesozoicos posteriores experimentan importantes despegues a partir de los niveles plásticos del Muschelkalk y Keuper, formando, lo mismo que el Jurásico, estructuras orientadas, por lo general, Este-Oeste.

Esta zona se prolonga hacia el Sur, en la Hoja de Illueca, con la mismas características.

d) *Sinclinorio de Litago-Talamantes:*

Formado exclusivamente por materiales Jurásicos y del Cretácico Inferior en facies Purbeck, con algunos recubrimientos del Mioceno, se extiende con dirección general NO.-SE., entre el anticlinorio de Moncayo-La Tierga, al Oeste, por medio de la falla de Talamantes y el Horts de Tabuenca y el borde meridional de la Depresión del Ebro, al Este.

La unidad así definida se prolonga hacia el SE., en la Hoja de Illueca, por el sinclinorio de La Cabota.

e) *Borde Meridional de la Depresión del Ebro:*

Está formado por sedimentos terrígenos y calcáreos del Mioceno, sub-horizontales, pero que se acomodan, en el borde SO., a las estructuras dominantes del Mesozoico.

En las unidades estructurales mencionadas, pueden distinguirse los siguientes elementos estructurales:

a) **Zona estructural de Jarque-Tablado**

— *Flanco norte del sinclinal del Arroyo de la Virgen.* Forma la parte más septentrional de la zona estructural, consistiendo en una serie monoclinal que comprende desde las «Capas de Embid» (Cámbrico Inferior) hasta las «Areniscas de tránsito» (Cámbrico Medio). El flanco Norte se pone en contacto con el Mesozoico por medio de la falla inversa de Tablado.

— *Anticlinal del Collado de Las Vacas.* Se sitúa inmediatamente al este del sinclinal anterior, estructurando el Cámbrico Inferior, con dirección NNO.-SSE., coincidente con la alineación de la falla de Tablado.

— *Falla del río Manubles.* Es una falla directa de dirección Este-Oeste, que pone en contacto la serie del Cámbrico Inferior del anticlinal anterior, con términos estratigráficos superiores dentro del Cámbrico. Puede calcularse el salto de falla en unos 500 m., disminuyendo su importancia hacia el Oeste.

— *Falla de Tablado.* Es la falla inversa ya mencionada que limita hacia el Norte y Este la unidad estructural de Jarque-Tablado. Su salto puede estimarse en unos 1.500 m. y se continúa hacia el Sur, en la Hoja de Illueca, por la falla de Jarque.

b) **Horst de Tabuenca**

— *Monoclinal del Pico del Bollón.* Constituye el compartimento más septentrional del Horst de Tabuenca, consiste en una serie monoclinal, de

dirección NO.-SE., buzando al Sur, de materiales del Cámbrico Superior, que entran en contacto hacia el Norte y Sur, con sedimentos del Buntsandstein, por medio de fallas subverticales.

— *Anticlinal de La Torre de Ambel.* Forma de compartimento situado inmediatamente al SO. del anterior. En su parte noroccidental, está formado por materiales de Buntsandstein plegados anticlinalmente, aflorando, hacia el SE., el Cámbrico Superior, con recubrimientos del Buntsandstein. Tanto hacia el NE. como hacia el SO., está limitada esta estructura por fallas subverticales, probablemente inversas.

— *Monoclinal de Tabuena.* Formado por materiales del Buntsandstein, con dirección NO.-SE. y buzando al NE., forma el compartimento más meridional del Horst de Tabuena. Está recubierto, en su parte SO., por materiales deslizados del Keuper y Lías Inferior del sinclinorio de Litago-Talamantes.

— *Fallas del Barranco del Molino y de Tabuena.* Son las mencionadas anteriormente, que constituyen los límites de los compartimentos separados en el Horst de Tabuena. Tienen una dirección general NO.-SE., de plano subvertical y carácter de fallas inversas, con un salto aproximado, en ambas, de 400-500 m.

c) **Anticlinorio Moncayo-La Tierga**

— *Anticlinal del Moncayo.* Formado exclusivamente por materiales del Buntsandstein, es asimétrico, con mayor buzamiento del flanco Norte, con eje de dirección ONO-ESE, pasando hacia el Sur a NNO.-SSE. El eje buza hacia el SSE., y en su núcleo aparecen, localmente, materiales paleozoicos, como en el Santuario del Moncayo.

El flanco NE. está limitado por la falla de Talamantes, directa, con un salto aproximado de 200 m.

El flanco SO. debe estar limitado por una falla de dirección NO.-SE. que, junto a la descrita de Tablado, individualiza la fosa de Beratón.

— *Anticlinal de Valdeplata.* Estructurado como el anterior en materiales del Buntsandstein, representa su continuación hacia el Sur, mediante un desplazamiento hacia el NE. del eje anticlinal, que también tiene un sentido de inmersión hacia el Sur y se prolonga, en la Hoja de Illueca, en el anticlinal de La Tierga.

El desplazamiento del eje del anticlinal de Valdeplata respecto al del Moncayo debe estar motivado por un accidente de zócalo, de dirección NNE.-SSO.

En el flanco oriental aparecen, apenas deslizados, materiales del Muschelkalk, recubiertos parcialmente por el Terciario.

— *Fosa de Beratón*. Situada en el ángulo SO. de la Hoja, se estructura como un sinclinal de materiales del Rethiense y Lías calizo, cuyos flancos entran en contacto por falla con el paleozoico (falla de Tablado) y el Buntsandstein del anticlinal del Moncayo.

— *Zona deslizada y plegada de Purujosa*. Comprende términos litológicos desde la base plástica del Muschelkalk hasta el Lías calizo. Su estructuración viene determinada por la tectónica de deslizamientos a favor de los niveles plásticos del Muschelkalk y Keuper sobre el Buntsandstein, originando sucesivas imbricaciones dentro del Muschelkalk, en los bordes E. y SE. fundamentalmente, y la formación de pequeños pliegues en distintas direcciones.

— *Falla de Talamantes*. Con orientación NO.-SE. atraviesa la Hoja diagonalmente, separando la unidad del Anticlinario del Moncayo-La Tierga, de las más orientales del Sinclinorio de Litago-Talamantes. Se trata de un accidente de zócalo que se manifiesta irregularmente en superficie, poniendo en contacto materiales del Buntsandstein al SO., con los del Jurásico, al NE. El salto de falla aumenta en importancia hacia el NO.

d) Sinclinorio de Litago-Talamantes

— *Sinclinal de Litago*. Se extiende desde el borde Norte de la hoja, con dirección NO.-SE., hasta el río Huecha, en que se localiza su cierre. El núcleo aparece ocupado por materiales de la facies Purbeck, muy cubiertos, en su parte Norte, por depósitos de glacia. En el flanco nororiental los términos más bajos corresponden al Dogger, y están afectados por fallas inversas de dirección NO.-SE. En conjunto el sinclinal está fragmentado por fallas de dirección NO.-SO. dificultando la localización del eje.

— *Zona tectonizada de Talamantes*. Localizada en el centro de la Hoja, consiste en una zona de pliegues rotos por fallas inversas y de gravedad, que se desarrolla en materiales de edad Jurásica, en lo que es difícil reconocer la estratificación debido a la intensa fracturación y aparición de una esquistosidad de fractura.

— *Sinclinal de La Serna*. Forma el extremo SE. del sinclinorio de Litago-Talamantes. Su núcleo está ocupado por materiales del Dogger, estando su flanco NE. limitado por el Buntsandstein del Horst de Tabuena, mientras que su flanco SO. aparece fosilizado por sedimentos Terciarios.

e) Borde meridional de la Depresión del Ebro

Debido a la horizontalidad de los materiales del Mioceno que ocupan esta unidad, no se definen elementos estructurales menores, a excepción de su borde SO. en el que se estructura un pequeño sinclinal con núcleo

de calizas lacustres del Mioceno Superior, de dirección sensiblemente E.-O., entre los barrancos de Valjunquera y Peñezuela.

4 HISTORIA GEOLOGICA

La historia geológica de una región debe establecerse sobre el mayor número de datos posibles; 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 (Tabuenca), 25-15 (Illueca), 25-16 (Calatayud) y 2616 (La Almunia), además de la bibliografía regional 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 nerítico 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 coloraciones rojizas, por incorporación a los sedimentos de óxidos de hierro, en las «Capas de Jalón», que en su parte superior presentan 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 las pizarras intercaladas en las dolomías se ha citado la presencia de restos de 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 («Cuarcita de Daroca»), con escasos Trilobites, representando un ambiente de plataforma marina.

Hacia el techo, de las «Capas inferiores de Murero», 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 depósito arenoso («Areniscas de Tránsito») se pasa a una sedimentación alternante con niveles arenosos y pizarrosos, a veces con 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 potente serie detrítica, muy arenosa, con intercalaciones de pizarras verdes nodulosas, con restos de Orthida, pistas de tipo *Vexillum* y Cruzianas (Cuarcita de Barrera).

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.

En 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 pararecifal con abundante fauna de Braquiópodos, Corolarios, 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 «redbeds») atribuibles a una sedimentación continental debida a aportes fluviales, en un 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 intermitente. Los depósitos empiezan con un conglomerado basal y pasan hacia arriba a una potente formación arenosa-limolítica para terminar en una sucesión predominantemente limolítica por cese de los aportes de

tríticos y la instalación de un régimen de sedimentación muy somero que origina los depósitos del Muschelkalk.

Al comienzo de la facies Keuper se pasa de una sedimentación carbonatada marina, muy somera, a otra arcillosa y evaporítica, continuando 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 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). En este momento es cuando las facies son más profundas, aun 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 la Hoja de Tabuenca, así como en la mayor parte de la Ibérica, existe un nivel rojo con oolitos ferruginosos («hard-ground»), que señala un hiato estratigráfico de la parte alta del Calloviense y de la baja del Oxfordiense. Se ha producido por la inestabilidad del fondo de la cuenca debida a los primeros movimientos neociméricos.

En el Oxfordiense-Kimmeridgiense el medio de sedimentación fue muy uniforme, depositándose sedimentos calcáreos (calizas y margas arenosas) de facies nerítico-litoral. La profundidad del fondo de la Cuenca se reduce a medida que se asciende en la serie, culminando el Jurásico marino con la sedimentación de margas arenosas con escasos fósiles (Ostrácodos y Foraminíferos de concha arenácea) de ambiente litoral, que da paso a la deposición de materiales terrígenos en facies Purbeck.

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.

Al iniciarse el Cretácico y hasta el Valanginiense (Grupo «Oncala») el régimen de sedimentación es predominantemente lacustre con depósitos de calizas, margas y limos. La salinidad del medio fue oligohalina, como lo demuestra la presencia de los Ostrácodos *Cypridea*, *Darwinula*, *Rhinocypris* y *Bisulcocypris* en ambiente reductor, originándose pirita.

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 Valanginiense al Burdigaliense, no puede precisarse en la historia geológica de esta época. No obstante, basándose en datos aregionales puede indicarse que el plegamiento alpino debe corresponder 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 Vindoboniense en discordancia progresiva.

Los términos más altos del Mioceno aflorantes corresponden a facies lacustres de calizas y margas con Ostrácodos y Gasterópodos (Vindoboniense-Pontiense), que están afectados por las últimas fases nealpinas (probablemente fase Rodánica). Estos depósitos terciarios representan los términos marginales del relleno de las depresiones del Ebro (Hojas de Tabuena e Illueca) y de Calatayud (Hoja de Illueca).

La formación de depósitos de glaciés, el modelado glaciar y depósito de morrenas, y el encajamiento de la red fluvial con la formación de terrazas, durante el Pleistoceno, dieron lugar a la fisionomía morfológica actual.

5 GEOLOGIA ECONOMICA

5.1 MINERIA Y CANTERAS

En la actualidad no existe dentro de la Hoja de Tabuena ninguna explotación minera activa. No obstante, en el pasado fueron objeto de explota-

ción los yacimientos de hierro de las zonas de Tabuenca (Torre de Ambel, Cuatro Hermanas, etc.) y el Moncayo (Virgilio, Olmacedo, etc.), así como el yacimiento de plomo-zinc-plata del valle de Valdeplata, en el término de Calceña.

Todos los yacimientos de hierro antiguamente explotados, así como numerosos indicios, se presentan en forma de bolsadas («almadenes» en terminología local) irregulares, discordantes con la estratificación de las areniscas y limolitas del Buntsandstein, en las que arman. La mineralización es de siderita asociada a baritina oxidada en superficie a limolita que constituye la mena explotada. El contenido en hierro oscila entre el 40 y 60 por 100, y el volumen de las bolsadas, muy variable, no ha rebasado, de ordinario, unas decenas de miles de toneladas. Queda constancia de pequeñas fundiciones «in situ» del mineral.

La antigua explotación de plomo-zinc-plata consiste en un filón de dirección aproximada E-O. que arma en el Buntsandstein, de un espesor variable entre 0,5 y 1 m. y con unos 500 m. de recorrido en superficie. Ha sido explotado en profundidad mediante pozos y galerías y alcanzó un máximo de actividad durante el siglo pasado, para extraer la plata. A principio del actual siglo se recuperó el contenido en zinc de las escombreras. La mineralización está compuesta de galena, blenda, tetraedrita y piritas, asociados a ganga de siderita y cuarzo.

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 fundamentalmente de los niveles areniscos de la base de la facies Purbeck, que por su resistencia se ha utilizado en la pavimentación de diversos núcleos de población (Vera de Moncayo, Litago, Trasmoz, etc.). Asimismo, se ha extraído material de los tramos de areniscas tableadas del Buntsandstein, que proporcionan lajas fácilmente utilizables en la construcción de muros, etc.

También en pequeña cantidad, se han extraído gravas y arenas gruesas de las terrazas del río Huecha, utilizadas como áridos previa selección granulométrica.

5.2 HIDROGEOLOGIA

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

El Triásico carece de posibilidades como acuífero. Por el contrario, las calizas y dolomías del Lías constituyen buenos acuíferos potenciales, si bien son escasamente favorables para el establecimiento de captaciones por

cuanto se encuentran casi siempre colgadas, dando lugar a manantiales, a veces de importancia, como es el caso del manantial de la Calderuela, al sur de Tabuenca, o los que surten de agua a Purujosa y Beratón. En superficie suelen presentar estos materiales una morfología en torcas y dolinas.

Las calizas del Dogger constituyen en ocasiones acuíferos importantes, encontrándose al E. y SE. de Talamantes varios manantiales en el contacto de estas calizas con las margas subyacentes.

Entre los materiales terciarios, solamente algún banco de conglomerados puede constituir un acuífero poco interesante.

En cuanto al cuaternario aluvial, puede ser interesante por sus relaciones con cursos de agua permanentes.

Estas aguas son de gran importancia en las proximidades de Borja y Ainzón 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 nördlichdes río Jalón (Zaragoza, Spanien)». *Diss.*, 99 pp. Münster.
- BARTSCH, G. (1966).—«Geologische untersuchungen in den östlichen Iberischen Ketten swischen río Jalón und der strasse Miedes-Codos-Carriñena (Spanien)». *Tesis*. Westfälische Landes Universität zu Munster. Westfalen.
- BATALLER, J. R., y LARRAGAN, A. (1955).—«Memoria explicativa de la Hoja número 352, Tabuenca (Zaragoza, Soria)». *I. G. M. E.*, Madrid.
- BEUTHER, A. (1966).—«Geologische Untersuchungen in Wealden und Utrillas-Schichten im Westteil der Sierra de los Cameros (Nordwestliche Iberische Ketten)». *Beith. Geol. Jb.*, vol. 44, pp. 103-121, Hannover.
- BOMER, B. (1960).—«Aspectos morfológicos de la cuenca de Calatayud-Daroca y de sus zonas marginales». *Estudios Geográficos*, núm. 80, año 21, pp. 393-402, Madrid.
- BONNARD, E. G. (1959).—«Los accidentes de la parte meridional de la Depresión del Ebro». *Not. y Com. del I. G. M. E.*, vol. 53, pp. 81-86, Madrid.
- BRINKMANN, R. (1957).—«Terciario y Cuaternario antiguo de las Cadenas Celtiberas 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*, tomo 1, pp. 291-300, Paris.
- BUROLLET, P.; DUVAL, B., y MAGNIER, Ph. (1958).—«Remarques sur le Ju-

- rassique au Sud du Fosse de l'Ebro». *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, tomo 93, pp. 121-128, Toulouse.
- BULARD, P. F. [1966].—«Sur les facies et l'extension du Jurassique supérieur au Sud de Saragosse (Espagne)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, tomo 263, pp. 220-223, París.
- [1968].—«Nouveells données sur les facies 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 Bijesca (Prov. de Soria et Saragosse, Espagne)». *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, tomo 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.
- CARANDELL, J., y GOMEZ DE LLARENA, J. (1918).—«El glaciario cuaternario en los montes Ibéricos». *Trab. Mus. Nac. Clenc. Nat., Ser. Geol.*, número 22, p. 51, Madrid.
- CARLS, P. (1965).—«Jung-Silurische und unterdevonische schichten den östlichen Iberischen Ketten». *Inaug. Diss. Univ. Würzburg*, 155 pp., Würzburg.
- C. G. S. (1975).—«Estimación del potencial en el Subsector VII Centro-Levante, área 4, Moncaño», C. G. S. (inédito), Madrid.
- COLCHEN, M. (1974).—«Géologie de la Sierra de la Demanda». *Mem. I.G.M.E.*, tomo 85, 2 vol., Madrid.
- DEREIMS (1898).—«Recherches Géologiques dans le Sud de l'Aragón». *Ann. Strat. et Pal. Lab. Géol. Fac. Sc. Paris*, tomo 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 RAMIREZ, J. (1971).—«Estratigrafía del Jurásico en la zona de Teruel-Morella (Maestrazgo)». *Cuad. de Geología Ibérica*, vol. 2, pp. 439-488, Madrid.
- GAUTIER, F. (1968).—«Sur la stratigraphie et les facies du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur au Nord de Teruel». *C. R. Som. Soc. Géol. Fr.*, vol. 2, pp. 43-44, París.
- FAUTIER, F., y MOUTERDE, R. (1964).—«Lacunes et irregularités des depots à la limite du Jurassique Inférieur et du Jurassique Moyen de la bord N.

- des Chaînes Ibériques». *C. R. Acad. Sc. Paris*, tomo 258, pp. 3064-3067, París.
- 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 östlichen Hesperischen Ketten, Spanien». *Inaug. Diss. Ined. Heidelberg*, pp. 1-101.
- HERNANDEZ SAMPELAYO, P. (1935).—«El sistema Cambriano». *Explicación del Nuevo Mapa Geológico de España*, tomo I, pp. 291-528, Madrid.
- HINKELBEIN, K. (1965).—«Der Muschelkalk der zentralen Hesperischen Ketten (Prov. Teruel, Spanien); mit ein beitrage von O. Geyer». *Oberrhein Geol. Abh.*, Karlshuhe, tomo 14, pp. 55-95.
- IGME (1971).—«Hoja 31. Síntesis de la cartografía existente». *Mapa Geol. de España: 1:200.000*, pp. 1-23, Madrid.
- JOLY, H. (1923).—«Observations stratigraphiques sur l'Orfordien et le Lusitanien en certains points de la Chaîne Celtibérique (Espagne)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, tomo 258, pp. 3064-3067, París.
- (1927).—«Etudes Géologiques sur la Chaînes Celtibérique (provinces de Teruel, Saragosse, Soria et Logroño, Espagne)». *Congr. Geol. Inst. 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. Pg.*, vol. 2, pp. 127-128, Stuttgart.
- (1971).—«Der Kambrium und des Tremadoc von Ateca (Westliche Iberische Ketten. NE. Spanien). Münster». *Forsch. zum Geol. und Paläont.*, tomo 23, pp. 121, Münster.
- LOTZE, F. (1929).—«Stratigraphie und tektonik des Keltiberischen grundgebirges (Spanien)». *Abh. Ges. Wiss. Gött. Math Phys. Klaf. 14*, vol. 14, número 2, pp. 1-320, Berlin.
- (1956).—«Das Präkambrium Spaniens. N. Jb. Geol. Paläont., pp. 373-380. Stuttgart». Trad. en: *Not. Com. Inst. Geol. Min. de España*, 60, pp. 227-240, Madrid, 1960.
- (1956).—«Über Sardische Bewegungen in Spanien und ihre Beziehungen zur assyntischen Faltung». *Geotektonisches Symposium, Hans Stille*, pp. 128-139, Stuttgart.
- (1958).—«Zur stratigraphie des Spanischen Kambriums *Geologie*, 7, 3-6, pp. 727-750, Berlin». Trad. en: *Not. Com. I. G. M. E.*, 61, pp. 131-164, Madrid, 1961
- ([1961]).—«Das Kambrium Spanlens. Teil: I. Stratigraphie». *Abah. Akad. Wiss. Lit. math. naturw. KL*, 6, pp 238-498. Trad. en: *Mem. Inst. Geol. Min. España*, 75, 256 pp., Madrid.

- [1966].—«Präwambrium Spaniens. Literaturbericht, 1956-1965». *Zbl. Geol. Paläontol. T. I. 5*, pp. 983-1006, Stuttgart.
- [1970].—«El Cámbrico en España». *Mem. Inst. Geol. Min. de España*, tomo 75, 256 pp., Madrid.
- MARTIN FERNANDEZ, M., y ESNAOLA GOMEZ, J. M. (1972).—«Hoja y Memoria núm. 24-14 (MAGNA)». *I. G. M. E.*, Madrid.
- MELENDEZ, B. [1944].—«Contribución al estudio del Paleozoico Aragonés». *Trab. Inst. Cienc. 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.*, tomo 44, pp. 42-104, Hannover.
- MOHL (1965).—«Erläuterungen zur geologischen kartierung in den östlichen Iberischen Ketten (Nordost-Spanien)». *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.
- [1917].—«Nota sobre la constitución estratigráfica del Moncayo». *Bol. I. G. M. E.*, vol. 38, p. 3, Madrid.
- QUARCH, H. (1967).—«Erläuterungen zur geologischen kartierung bei Borobia in den östlichen Iberischen Ketten (Nordost-Spanien)». *Diplomarbeit. Univ. Würzburg*, pp. 1-115.
- RIBA, O. (1959).—«Estudio Geológico de la Sierra de Albarracín». *Monografías Inst. «Lucas Mallada»*, vol. 16, 283 pp., Madrid.
- RIBA, O., y RIOS, J. M. (1960-62).—«Observations sur la structure du secteur Sud-Ouest de la Chaîne Ibérique (Espagne)». *Mém. Soc. Géol. France*, Livre à la Mém. du Prof. P. Fallot, tomo I, pp. 275-290, París.
- RIBA, O. (1972).—«Introducción estratigráfica y tectónica de parte de Las Cadenas Ibéricas comprendidas entre Burgos-Atienza-Albarracín-Montalbán y Logroño». *Informe inédito. C. G. S.*
- [1974].—«Sierra de Albarracín». *VIII Curso de Geología Práctica. Colegio Universitario de Teruel*, pp. 20-50, Teruel.
- RIBA, O.; MALDONADO, A.; PUIGDEFABREGAS, C.; QUIRANTES, J., y VILLENNA, J. (1971).—«Hoja 32 (Zaragoza). Síntesis de la cartografía existente». *Mapa Geológico de España*, I. G. M. E., núm. 32, pp. 1-33, Madrid.
- RIBA, O.; VILLENNA, J., y MALDONADO, A. (1971).—«Hoja 40 (Daroca). Síntesis de la cartografía existente». *Mapa Geológico de España*, I. G. M. E., número 40, pp. 1-53, Madrid.

- RICHTER, G. (1930).—«Die Iberischen Ketten zwischen Jalón und Demanda». *Abh. Ges. Wiss. Göttingen Math-Phys.* Kl. N. F., vol. 16, núm. 3, pp. 47-118, Göttingen.
- (1930).—«Zum tektonik den Iberischen Ketten». *Abh. Ges. Wiss. Goth. I. G. M. E.*, vol. 5, Göttingen.
- (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. Extranj. sobre Geología de España (C. S. I. C.)*, tomo 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 im Nordost Spanien». *Senckenbergiana*, vol. 29, Francfurt. A. M.
- RIOS, J. M., y ALMELA, A. (1951).—«Estudio sobre el borde meridional de la Cuenca del Ebro». *Libro Jubilar. I. G. M. E.*, tomo 3, p. 245, Madrid.
- SANCHEZ, L.; AGUEDA, S., 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 unterkambriums in den Iberischen Ketten [Nordost-Spanien]». *Diss. Univ. Würzburg*, 141 pp., Würzburg.
- SCHMITZ (1971).—«Stratigraphie und sedimentologie im Kambrium und Tremadoc der westlichen Iberischen Ketten, Nördlich Ateca (Zaragoza), NO Spanien». *Münster Forsch. Geol. Paläont.*, vol. 22, pp. 1-123, Münster. Westf.
- SDZUY, K. (1958).—«Neue Trilobiten aus dem Mittelkambrium von Spanien». *Senk. Leth.*, 39, pp. 235-253, Frankfurt.
- (1960).—«Zur Wende Präkambrium/Kambrium». *Paläontol. Z* 34; pp. 154-160, Stuttgart.
- (1961).—«Das Kambrium Spaniens. Teil II: Trilobiten Akad. Wiss. Lit. Mains.». *Abh. Naturw. Kl.* 7/8 ,pp. 218-411, Mainz.
- (1971).—«Acerca de la correlación del Cámbrico Inferior en la Península Ibérica». *I Congr. Hispano Luso-Amer. de Geol. Econ. Secc. Geol.*, tomo 2, pp. 753-768.
- (1971).—«La subdivisión litoestratigráfica y la correlación del Cámbrico Medio de España». *I Congr. Hispano-Luso-Amer. de Geol. Econ. Secc. Geol.*, tomo 2, pp. 769-782.
- TISCHER, G. (1966).—«Uter die Wealden-Ablagerung und die Tektonik der östlichen Sierra de los Cameros in den nordwestlichen Iberischen Ketten (Spanien)». *Beih. Geol. Jb.*, vol. 44, pp. 123-164, Hannover.
- TRICALINOS, J. (1928).—«Untersuchungen über den bau Keltiberischen Ket-

- ten des Nordöstlichen Spaniens». *Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges.*, tomo 80, pp. 409-482.
- TRIGUEROS, E.; NAVARRO, A., y VILLALON, C. (1959).—«El límite Jurásico Cretácico al Norte de Teruel». *Not. Com. Inst. Geol. y Min. Esp.*, núm. 83, pp. 37-50, Madrid.
- VIALARD, P.—«Recherches sur le cycle Alpin dans la Chaîne Iberique sud-occidentale». *These. Univ. Paul Sabatier*, 445 pp., Toulouse.
- 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.
- WURM, A.—«Untersuchungen über den geologischen bau und die Trias von Aragonien». *Zeitsch. Deutsch. Geol. Ges.*, vol. 63, Berlín.

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



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA