



# IGME

381

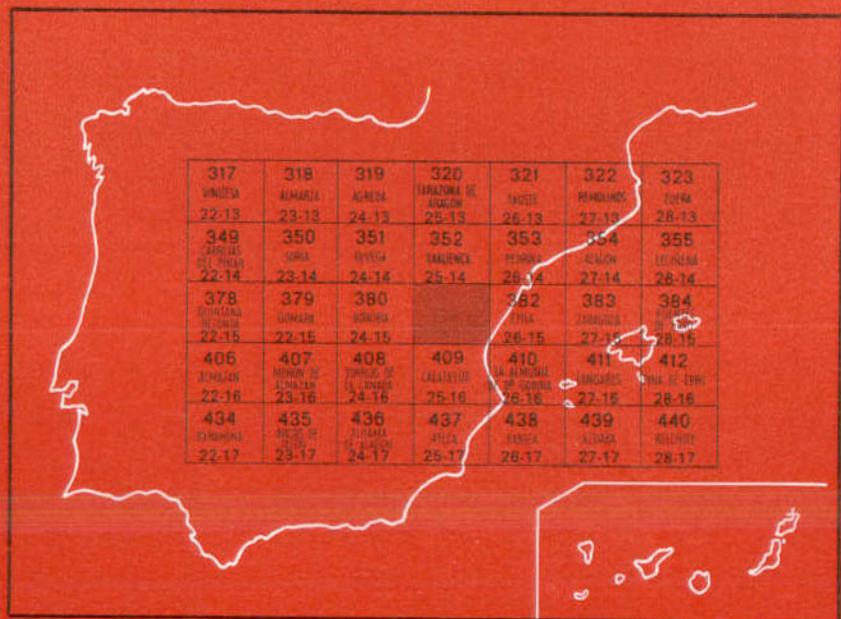
25-15

## MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

# ILLUECA

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA**  
E. 1:50.000

**ILLUECA**

Segunda serie - Primera edición

SERVICIO DE PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Esta Hoja ha sido realizada por «Compañía General de Sondeos, S. A.», bajo normas, dirección y supervisión del IGME, utilizando un equipo de su División de Geología integrado por Pedro del Olmo Zamora, Antonio Hernández Samaniego, Enrique Aragonés Valls, Mariano J. Aguilar Tomás y José Ramírez del Pozo. La cartografía y trabajos de campo se deben a los tres autores citados en primer lugar. Los trabajos de Laboratorio (Petrografía, Sedimentología y Micropaleontología) han corrido a cargo de M. J. Aguilar Tomás y J. Ramírez del Pozo, respectivamente. De la integración de datos, confección final de la Hoja y redacción de su Memoria se han encargado los cinco autores mencionados más arriba.

Las muestras de Macropaleontología correspondientes al Paleozoico han sido determinadas por Miguel Arbizu Senosiain, Francisco Soto Fernández y Genaro L. García-Alcalde, 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 sido llevada a cabo por 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 - 6.325 - 1981

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

## 1 INTRODUCCION

La hoja de Illueca está situada en la región septentrional de la Cordillera Ibérica, en la parte norte de la rama aragonesa. Se ubica al sur de la Sierra del Moncayo, correspondiendo su mayor parte a la provincia de Zaragoza, excepto el ángulo NO., que pertenece administrativamente a la de Soria.

Se caracteriza por presentar un relieve relativamente fuerte, con alturas que oscilan entre los 1.400 m., en el área noroccidental, y los 600 m., en la parte nororiental. La red fluvial está constituida por los ríos Aranda e Isuela, que atraviesan la Hoja en dirección sensiblemente NO.-SE.

Los núcleos de población no son ni numerosos ni importantes, destacándose las localidades de Illueca, Brea de Aragón, Jarque, Aranda de Moncayo y La Tierga.

El área está cubierta por depósitos Precámbricos, Paleozoicos (Cámbrico, Ordovícico, Silúrico y Devónico), Triásicos, Jurásicos y Neógenos (Mioceno). El Cuaternario aparece en forma de recubrimientos de poca importancia.

Desde el punto de vista estructural se separan en la Hoja cinco unidades: Zona estructural Jarque-Tablado, en la mitad occidental; Zona de Brea de Aragón; Anticlinorio Moncayo-La Tierga, en la mitad oriental de la Hoja; Sinclinatorio de La Cabota, en el ángulo NE., y el borde nororiental de la Depresión de Calatayud, en el ángulo SO. Hay que destacar la superposición de las etapas tectónicas de las orogenias Hercínica y Alpina. La caracterización de las etapas de plegamiento prehercínicas es problemática. La

estructura hercínica tiene un estilo de plegamiento 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 éstos siguiendo antiguas líneas estructurales. Los niveles plásticos Triásicos dan lugar a una tectónica gravitacional o de deslizamiento.

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 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

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

El Precámbrico aflora exclusivamente en una franja orientada NO.-SE., en la margen derecha del río Aranda, entre Jarque y el borde sur de la Hoja.

Los materiales correspondientes al Cámbrico y base de Ordovícico constituyen gran parte de los afloramientos de la Hoja, extendiéndose en dos áreas. Una de ellas, alineada NNO.-SSE., que ocupa la mayor parte de la zona occidental de la Hoja, y otra localizada en el ángulo suroriental, extendiéndose al norte de la línea Illueca-Brea de Aragón y limitada al Norte por el curso del río Isuela.

El Ordovícico, Silúrico y Devónico afloran en el borde más suroriental, al sur de Nigüella.

El Triásico ocupa una amplia franja alargada en dirección NNO.-SSE. entre los cursos de los ríos Aranda e Isuela. Afloramientos de menor extensión son los de Aranda de Moncayo, en la parte occidental de la Hoja y otro en el ángulo NE.

Los materiales pertenecientes al Jurásico afloran en las mismas áreas que los del Triásico, adquiriendo mayor importancia en el borde oriental de la Hoja.

El Mioceno se extiende en dos zonas: en el ángulo SO., en la región de Clares de Ribota, donde se inicia la Depresión de Calatayud, y en el área sinclinal de La Cabota, al este de La Tierga.

Finalmente, el Cuaternario tiene reducida extensión e importancia, constituyendo pequeños depósitos asociados a cursos fluviales, recubrimientos coluviales y conos de deyección.

## 2.1 PRECAMBRICO (PC)

Se atribuyen al Precámbrico una serie de esquistos pardo-violetas, con intercalaciones limolíticas que, disponiéndose estratigráficamente bajo las cuarcitas de la base del Cámbrico, afloran en la parte meridional de la Hoja, en la margen derecha del río Aranda, entre las localidades de Jarque y Brea de Aragón. Son equivalentes a las «pizarras de Anguiano» de la sierra de la Demanda y a los niveles de «pizarras Paracuellos» de LOTZE. La serie estratigráfica general está expresada en la sección estratigráfica de GOTOR ( $X = 769.525$ ;  $Y = 772.700$ ).

Son esquistos formados por cuarzo, clorita, plagioclasa y opacos fundamentalmente, y por circón, turmalina y rutilo como accesorios detríticos. Presentan textura blastosamítica, algo amigdalal, 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 recrystalización 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.

Las características petrográficas mencionadas, permiten establecer que están afectados por un metamorfismo de baja intensidad, referible a la facies de esquistos verdes, al igual que sucede con estos mismos materiales, tanto de la Sierra de la Demanda (COLCHEN, 1974) como en otros lugares de la Ibérica.

La potencia del Precámbrico es sin duda superior a los 1.200 m. observados, pues se desconoce el desarrollo de los términos litológicos más bajos de la serie y hay que tener en cuenta que los niveles terminales se presentan bajo el Cámbrico con contactos mecanizados.

## 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 y 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), SCHMITZ-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 es-

tudio 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 figura 1, esquema válido para el sector septentrional de la Cordillera Ibérica.

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

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 (CA<sub>11</sub><sup>q</sup>, CA<sub>11</sub>, CA<sub>11</sub><sup>1</sup>, CA<sub>12</sub>, CA<sub>12-13</sub>, CA<sub>13</sub>)

En la Rama Oriental, 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. En la zona de Ateca los dos niveles superiores (Huérmeda y Daroca) junto con las capas inferiores de Murero están representados en sucesión detrítica no diferenciable. 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 Valdemedes, con *Hamatolenus* y *Termierella*, constituye el piso Bilbiliense.

Los tramos basales afloran extensamente en la Sierra de la Virgen, al oeste de Brea de Aragón, mientras que los tramos litológicos superiores pueden reconocerse al oeste de Jarque y al oeste de Mesones de Isuela. Las columnas estratigráficas de detalle se han levantado en los alrededores de Jarque —sección de Jarque-1 (2) (X = 767.900; Y = 774.925) y de Illueca (3) (X = 774.275; Y = 774.900).

En conjunto, el Cámbrico Inferior alcanza una potencia de unos 1.000 m. Siguiendo la clásica división litológica de LOTZE, puede distinguirse la siguiente sucesión, de muro a techo:

### **Cuarcitas de Bámbola (CA<sub>11</sub>q)**

Comprende una potente serie de cuarcitas, de tonos claros, en bancos muy gruesos con estratificación cruzada, muy compactas, dando lugar a relieves topográficos importantes, con una potencia del orden de 400-500 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 (sección estratigráfica de Gotor), ricos en cantillos de cuarcita y sílex, a ortocuarcitas de grano fino hacia el techo (sección estratigráfica de Jarque). Se aprecian secuencias menores, positivas, similares a la descrita como secuencia general.

### **Capas de Embid (CA<sub>11</sub>)**

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 pistas orgánicas.

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.

La potencia de las capas de Embid es de unos 280 m. en la columna de Jarque-1.

### **Capas de Jalón (CA<sub>11</sub><sup>1</sup>)**

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 sericítico-clorítica, rica en óxidos de hierro.

La potencia de este tramo en el corte de Jarque-1 es de unos 150 m.

### **Dolomías de Ribota (CA<sub>12</sub>)**

Por encima de la serie anterior, se desarrolla un tramo de dolomías masivas, ocreas en superficie y gris oscura en fractura fresca, que presenta intercalaciones de pizarras verdes (sección estratigráfica de Jarque-1), aunque localmente estas intercalaciones pueden no presentarse, como en el corte de Illueca.

Son dolomías secundarias, de grano grueso a muy grueso, conteniendo cuarzo idiomorfo 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.

A veces (zona de Nigüella), los bancos dolomíticos pueden presentarse como lentejones irregulares masivos que pasan lateralmente a niveles tabreados.

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

### **Pizarras de Huérmeda (CA<sub>12-13</sub>)**

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 estas pizarras se han encontrado Trilobites de la subfamilia Neoreldichiinae, correspondientes al género *Realspis*, que dan una edad de la parte alta del Cámbrico Inferior.

La potencia es de unos 80 m. (sección estratigráfica de Illueca), aunque en el corte de Jarque-I sólo se han estimado 30 m., posiblemente por laminación tectónica.

### **Cuarcitas de Daroca (CA<sub>13</sub>)**

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.

Se han estimado unos 50 m. en la sección estratigráfica de Illueca y sólo unos 30 m. en la de Jarque-I.

## **2.2.2 CAMBRICO MEDIO (CA<sub>13-21</sub>, CA<sub>21-22</sub>, CA<sub>22</sub>, CA<sub>22</sub><sup>Q</sup>)**

Los afloramientos se localizan al oeste de Jarque y de Mesones de Isuela, y las secciones estratigráficas de detalle en que se incluye son las citadas de Jarque-I e Illueca.

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» 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 (CA<sub>13-21</sub>)**

Tramo de pizarras 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 cal-

cáreos se forma una morfología cavernosa en forma de «estratos rizados». Localmente se encuentran restos indeterminables de Paradoxídidos. La potencia de este conjunto es de unos 150 m.

#### **Limolitas nodulosas rojas (CA<sub>21-22</sub>)**

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, en matriz sericítico-clorítica, muy rica en óxidos de hierro. Ocasionalmente pueden llegar, por aumento del contenido en cuarzo, y micas, a limos arcillosos. En algunos niveles se reconocen placas de Eocrinoideos del género *Eocystites*. Este género se ha citado en el Cámbrico Medio de Francia, Marruecos y España. En conjunto, la potencia de este tramo es de unos 50 m.

#### **Capas superiores de Murero (CA<sub>22</sub>)**

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 restos de Trilobites, entre los que se han clasificado *Paradoxides pradoanus* VERN. y BARRANDE, *Paradoxides rouvillei* MIQUEL, *Paradoxides* cf. *brachyrhachis* LINNARS., *Peronopsis* cf. *fallax* (LINNARS.) y *Conocoryphe* (*Conocoryphe*) cf. *heberbi* (MUN.-CHALM. y BERGER.), que definen una edad de la parte alta del Cámbrico Medio. El espesor del tramo es de unos 50 m.

#### **«Capas de transición» (CA<sub>22</sub><sup>q</sup>)**

Sucede a las Capas de Murero un tramo fundamentalmente arenoso con intercalaciones de pizarras verdes que contienen restos indeterminables de Trilobites, denominado por QUARCH «Capas de Transición al Cámbrico Superior».

Las areniscas, en bancos de espesor inferior a 1 m., presentan con frecuencia laminación de ripples, y están formadas por granos de cuarzo de tamaño arena fina, láminas de moscovita y biotitas y matriz clorítica, con abundantes óxidos de hierro y texturas de presión-solución. La potencia de este tramo es de unos 70 m.

### **2.2.3 TECHO CAMBRICO MEDIO-CAMBRICO SUPERIOR (CAPAS DE VALDENAZA, CA<sub>22-3</sub>)**

Hacia arriba, las «Capas de Transición» pasan a una sucesión alternante de pizarras, 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 es, de acuerdo con la sección Jarque-II, de unos 1.200 m.

Por encima del tramo anterior, la serie se hace más arenosa al aumentar el porcentaje de areniscas que alternan con pizarras oscuras y con niveles de cuarcita.

Las areniscas son de colores amarillentos y claros, en bancos de espesor inferior a 1 m., y están formadas por granos de cuarzo detrítico, de feldespato potásico y plagioclasas, láminas de moscovita, óxidos de hierro y matriz clorítica, y presentan frecuentes contactos de presión-solución. La potencia mínima de este tramo es de unos 800 m., y su techo está erosionado.

Por su situación estratigráfica y sus características litológicas esta unidad puede considerarse como equivalente de los tramos inferiores de la «Serie Ibérica» de SCHMITZ, de edad Cámbrico Medio y Superior. Las dos unidades descritas en primer lugar son correlacionables con la Fm. Acón de la zona de Ateca, en tanto que el tramo superior arenoso es asimilable a la Fm. Barrera, cuyos niveles superiores, según el citado autor, pertenecen ya al Tremadociense.

## 2.3 ORDOVICICO BASE-SILURICO

Aflora este conjunto en el ángulo sureste de la Hoja, pudiendo reconocerse la serie litológica al oeste de la localidad de Arándiga, donde se ha levantado la sección estratigráfica de este nombre (5) (X = 780.075; Y = 769.525), así como en la vecina Hoja de Calatayud, a la cual pertenece el perfil de Villanueva del Jalón (X = 781.300; Y = 766.400).

No llegan a aflorar los tramos de la «Serie Ibérica» correspondientes al Tremadociense, siendo el primer tramo aflorante el de las «Cuarcitas Armóricas».

### 2.3.1 SKIDDAWIENSE (O<sub>12</sub>, O<sub>12</sub><sup>a</sup>)

La «Cuarcita Armórica» aflora en el ángulo SE. de la Hoja. Consta de tres niveles bien diferenciados, de los cuales se han reconocido los dos superiores:

#### Nivel medio (O<sub>12</sub>)

Constituido por cuarcitas de grano fino y color grisáceo, de tonos claros a oscuros, con «ripples-marks» y laminación lenticular, con Cruzianas bien desarrolladas. La potencia de este nivel es de unos 100 m.

### Nivel superior ( $O_{12}^A$ )

Constituido por cuarcitas y ortocuarcitas claras de aspecto vítreo, con estratificación cruzada. Los granos presentan frecuentemente crecimientos secundarios y contactos de presión-solución.

### 2.3.2 ORDOVICICO MEDIO ( $O_2$ )

Se trata de una sucesión predominantemente pizarrosa, de color verde, de unos 100 m. de potencia, que contiene bivalvos del Llandeilo: *Actinodonta* y *Redonia*, además de Trilobites de la familia *Illaenidae*, Braquiópodos (*Pionodema* sp. *Aegiromena*, *Orthida*), Gasterópodos (*Bellerophontacea*) y Crinoideos indeterminables.

Las pizarras están constituidas por una pequeña fracción de cuarzo tamaño limo, moscovita detrítica, cemento ferruginoso y matriz sericítico-clorítica.

### 2.3.3 ORDOVICICO SUPERIOR-BASE SILURICO ( $O_3-S_1^A$ )

Se compone de 35 m. de arenisca característica clara a la que sucede un nivel calcáreo (5 m.) de color ocre, ferruginizado, finalizando con 20 m. de pizarras y arenas grises alternantes, con aumento del carácter arenoso hacia arriba. Según el esquema de LOTZE (1929), los dos primeros tramos corresponderían, respectivamente, a la «Cuarcita del Caradoc» y a la «Caliza Ashgillense», perteneciendo ya el tramo superior al Llandoveryense.

Las areniscas, de grano medio a grueso, en la base, están formados por cuarzo subredondeado a subanguloso, en una matriz clorítica, a veces de estructura oolítica (chamosita). Hacia el techo las areniscas contienen también feldespatos potásico y plagioclasa, con cemento ferruginoso asociado a carbonatos.

Las calizas son verdaderas lumaquelas de Crinoideos y Braquiópodos, en matriz arcillosa.

## 2.4 SILURICO

Unicamente está representado el Silúrico en las proximidades de Arándiga. Ha sido reconocido en el perfil del mismo nombre ( $X = 780.075$ ;  $Y = 769.525$ ).

### 2.4.1 LLANDOVERYENSE ( $S_1^A$ , $S_1^A p$ )

Está representado por dos niveles bien diferenciados:

### **Cuarcita Llandoveryense ( $S_1^A$ )**

Su aspecto es parecido a la Cuarcita Armoricana: se trata de ortocuarcitas claras, vítreas, compactas, con estratificación cruzada, huellas de sobrecarga y pistas orgánicas. Su potencia es de unos 8 m.

### **«Pizarra de graptolites» ( $S_1^A$ - $S_1^B$ )**

Encima de la Cuarcita Llandoveryense descansa una sucesión pizarrosa de colores grises a rojos, con niveles ferruginosos, sin fósiles, de unos 80 m. de potencia.

Corresponde este tramo a la «Pizarra de Graptolites» de LOTZE con *Monograptus*.

### **2.4.2 SILURICO SUPERIOR ( $S_1^B$ - $S_2^B$ )**

#### **Areniscas y pizarras ( $S_1^B$ - $S_2^B$ )**

Por encima del tramo anterior se desarrolla una sucesión alternante de areniscas y pizarras de colores grises y ocreos, con una potencia mínima de 150 m.

No se ha encontrado fauna en estos niveles, aunque por su situación estratigráfica es posible relacionarlos con la parte superior de la «Pizarra de Graptolites» de LOTZE, por lo que su edad debe estar comprendida entre el Wenlskiense y el Llandoveryense.

### **2.5 TECHO SILURICO-DEVONICO INFERIOR**

Aflora en la parte suroriental de la Hoja, al oeste de la localidad de Nigüella, donde ha sido reconocido en las secciones estratigráficas de Arándiga (5) (X = 780.075; Y = 769.525); Nigüella-I (6) (X = 779.900; Y = 772.425) y Nigüella-II (7) (X = 778.875; Y = 772.500). La sección ha sido denominada por ALIAGA «Capas de Nigüella».

Los limos y areniscas intercalados tienen matriz clorítica, a veces cristalina, con óxidos de hierro, y presentan texturas de presión-solución, muy desarrolladas en los niveles cuarcíticos.

No se ha encontrado fauna, excepto algunas placas de Equinodermos y restos de Trilobites, así como restos de Crinoideos atribuibles al Devónico. Por esta razón, y por su situación estratigráfica y por su litología, comparable a la de las unidades de Luesma y, probablemente, Bádenas, de CARLS, se ha asignado a esta unidad una edad comprensiva entre el Ludloviense y el Gedinense Inferior.

### **Serie de Tránsito (S<sub>2</sub><sup>B</sup>-D<sub>11</sub>)**

A techo del tramo anterior, y en contacto por falla se dispone una secuencia de pizarras claras y verdosas, rojizas hacia arriba, que en la base presenta una intercalación de carácter volcánico, y hacia arriba presenta intercalaciones de limolitas y areniscas ferruginosas, junto con algún banco de calizas de poco espesor. La potencia de esta unidad es de unos 250 m.

Las pizarras presentan un bandeado formado por agregados esquistosos de clorita, y bandas de limolitas de matriz clorítica con óxidos de hierro.

Las vulcanitas, muy alteradas, contienen reliquias de fenocristales de piroxenos y plagioclasas, muy cloritizadas y carbonatadas, en una pasta alterada de clorita-sericita silicificada, pudiendo corresponder en rocas de composición basáltica, sin excluir la posibilidad de que correspondan a tobas.

### **Gediniense-Siegeniense (D<sub>11-12</sub>)**

Consiste este nivel en una sucesión de pizarras gris-verdosas con intercalaciones calcáreas muy fosilíferas y alguna arenisca o cuarcita, en las que se han encontrado: *Tentaculites* sp., *Mutationella* sp., *Mutationella guerangeri* (VERN.), *Strophochonetes?* sp., *Manispirifer?* sp., *Uncinulus armoricanus* (BARROIS), *Mesodouvillina* cf. *triculta* (FUCHS), *Hysterolites* cf. *hystericus* SCHLOT., *Plebejochonetes oehlerti* RACHEB., *Plebejochonetes* cf. *pinguis* RACHEB., *Orthophylleum bifidum* BARRANDE, *Duncanella* sp. y *Squameo favosites hemisphaericus* (POCTA). La asociación mencionada caracteriza al Devónico Inferior, correspondiendo a niveles de edad Gediniense a Siegeniense.

Las calizas son biomicritas, bioesparruditas con oolitos ferruginosos, y las areniscas, aparte de contener restos de fósiles, son algo carbonatadas y ferruginosas. También se reconocen dolomías arenosas.

En el techo de la serie observada aparece cabalgante la «dolomía de Ribota», imposibilitando el reconocimiento de materiales más altos que últimos niveles de los cortes de Nigüella I y II. Esta unidad tiene un espesor mínimo de 200 m.

## **2.6 TRIASICO**

Como se ha indicado anteriormente, los materiales pertenecientes al Triásico afloran extensamente en la Hoja. Se extienden en tres zonas: la central, que es la más importante en superficie, ocupan una amplia franja de dirección NNO.-SSE., entre los cursos de los ríos Aranda e Isuela, el afloramiento occidental de la zona de Aranda de Moncayo y el del ángulo NE. de la Hoja, que es el de menor extensión.

Se han reconocido sedimentos en facies Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper. Del Muschelkalk se han separado dos tramos o unidades cartográficas. El estudio estratigráfico de detalle se realiza a partir de la columna de La Tierga (8) (X = 772.825; Y = 776.950).

### 2.6.1 FACIES BUNTSANDSTEIN (T<sub>G1</sub>)

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

Regionalmente la serie comienza por conglomerados y microconglomerados rojizos de cantos de cuarcita que no sobrepasan los 3 cm. 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 sericitica (ortocuarcitas). Sigue un tramo de unos 80 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 45 a 60 m. en el que predominan las limolitas y arcillas rojas y verdes 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 100 a 120 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 60 m. de limolitas rojas, 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.

### 2.6.2 FACIES MUSCHELKALK (T<sub>G2</sub><sup>a</sup> y T<sub>G2</sub><sup>c</sup>)

Sus afloramientos se extienden solamente en las zonas central (entre los ríos Aranda e Isuela) y occidental (zona de Aranda-Pomer). La existencia de un nivel plástico en su parte inferior hace que en la mayor parte de los casos la serie se presente deslizada o escamada, repitiéndose los tramos cartográficos y estando todos los contactos mecanizados, lo que dificulta el estudio estratigráfico. Este tramo plástico de la parte baja del Muschelkalk es el que da lugar a que el techo de la facies Buntsandstein presente su contacto mecanizado. En la cartografía se ha separado:

a)  $T_{C2}^a$

Tramo inferior que comienza por calizas dolomíticas arcillosas (dolomicitas) 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 algunas delgadas intercalaciones (menores de 2 m.) de calizas dolomíticas, así como bancos de yesos masivos rojos y verdes de hasta 3-8 m. Las calizas dolomíticas inferiores tienen escaso espesor (4 m. en la columna de La Tierga), pudiendo reducirse o casi llegar a desaparecer, como sucede en la región situada al oeste de Trasobares. En cambio, el tramo plástico (arcilloso y/o yesífero) superior tiene una potencia de unos 20 a 30 m., pudiendo presentar una intercalación de areniscas rojas en su base.

b)  $T_{C2}^c$

Es el tramo más desarrollado del Muschelkalk, formado por dolomías y calizas. La parte inferior suele ser más dolomítico y al mismo tiempo masivo (dolosparitas), dominando los tonos grisáceos, parduzcos y verdosos, mientras que la superior se hace muy tableada, más microcristalina (dolomicitas y dolomías finamente cristalinas) al tiempo que se intercalan margas gris-negruzcas o verdosas. En esta parte superior se han reconocido secciones de *Fronicularia woodwardi* HOWCH, Gasterópodos, Lamelibranquios y Ostrácodos. La potencia de toda la unidad calizo-dolomítica es de unos 97 m. en la columna de La Tierga, aunque puede aumentar en algunas zonas de la Hoja.

### 2.6.3 FACIES KEUPER Y OFITAS ( $T_{C3}$ y $T_{C3}^w$ )

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 La Tierga es de 80 m., aunque regionalmente es difícil de medir por presentarse sus contactos muy mecanizados.

Las ofitas ( $T_{C3}^w$ ) afloran exclusivamente en una pequeña mancha en los alrededores de La Tierga, donde se han separado en la cartografía, y al norte de Trasobares, donde están englobados entre los materiales del Keuper, se han incluido dentro de éste. Se encuentran normalmente muy alteradas, estando compuestas por plagioclasas (sericita), piroxenos (cloritas) y opacos. Presentan una textura porfídica holocristalina de tipo diabásico u ofítico.

## 2.7 TECHO TRIASICO-JURASICO MARINO

Estos materiales afloran en las mismas áreas que los del Triásico. En la cartografía se han separado cuatro unidades: Rethiense-Hettangiense, Sinemuriense Inferior a Medio, Sinemuriense Superior a Toarciense y Dogger. Este último aflora exclusivamente en el sinclinal de Aranda de Moncayo, no encontrándose en la Hoja sedimentos del Malm.

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 carretera Tabuena-La Tierga (9) (X = 777.800; Y = 786.150), Aranda de Moncayo (10) (X = 756.325; Y = 777.650) y Mesones de Isuela (11) (X = 778.850; Y = 776.350). El tramo dolomítico inferior se estudia también en la parte superior de la columna de La Tierga (X = 772.250; Y = 779.575).

### 2.7.1 RETHIENSE-HETTANGIENSE (T<sub>A33</sub>-J<sub>11</sub>)

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 40 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, restos de Crinoideos y *Favreina*. 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 50-60 m.

### 2.7.2 SINEMURIENSE INFERIOR A MEDIO (J<sub>12</sub><sup>12</sup>)

Esta unidad está definida por un conjunto de calizas de tonos grisáceos, estratificadas en bancos de 20 a 80 cm., 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, Braquiópodos y Crinoideos, y, en algunos lechos, son pseudoolíticas. La potencia

media de esta unidad es de unos 40 m., reduciéndose hacia las regiones occidentales de la Hoja (columna de Aranda de Moncayo), donde no sobrepasa los 30 m.

### 2.7.3 SINEMURIENSE SUPERIOR-PLIENSBACHIENSE-TOARCIENSE (J<sub>12-14</sub><sup>3-0</sup>)

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.

La potencia de la unidad es del orden de los 50 m. en Mesones, mientras que en la columna de la carretera Tabuena-La Tierga sobrepasa los 140 m. En la de Aranda hay una falla que afecta a este tramo reduciéndole, por lo que los 27 m. medidos no son representativos, aunque por la disposición regional el espesor debe ser muy inferior al de la columna anteriormente citada.

Los niveles inferiores, correspondientes al Sinemuriense Superior, se caracterizan por predominar las calizas sobre las margas. Se trata de calizas arcillosas, de tonos grises y oscuros, estratificadas en capas de 20 a 50 cm. con delgados niveles intercalados de margas gris-verdosas. Las microfacies son de micritas fosilíferas a biomicritas con secciones de *Lingulina* gr. *pupa* (TERQ.), *Lenticulina*, *Astacolus*, *Glomospira*, Gasterópodos, Lamelibranquios y Braquiópodos. La microfauna de las muestras margosas es relativamente rica, destacando las siguientes especies: *Astacolus rectalonga* BART. y BRAND., *Astacolus matutina* (D'ORB.), *Astacolus quadricostata* TERQ., *Astacolus vetusta* D'ORB., *Astacolus prima* (D'ORB.), *Lingulina pupa* (TERQ.), *Lenticulina münsteri* (ROEM.), *Lenticulina varians* BORN., *Hungarella* sp. (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, 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., *Passaloteuthis paxillosus* SCHLOT., *Rhynchonella tetraedra* var. *northamptonensis* WALK., *Durmotieria haugi* GEYER, *Waldheimia darwini* DESL., *Turbo tiro* DUM., *Pleuromya liasina* SCHUB., *Pleuromya tiucasi* (DUM.), *Tetrarhynchia tetraedra* (SOW.), *Epithyris subovoides* (ROEM.) *Lima succinta* SCHLOT., *Palaeochioceras spirale* SPATH.

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 de Moluscos. La microfauna es relativamente frecuente, principalmente en Lagénidos y Ostrácodos, entre los que se destacan: *Fronicularia bicostata* (D'ORB.), *Lenticulina münsteri* (ROEMER), *Astacolus* cf. *radiata* (TERQ.), *Marginulina prima* D'ORB., *Dentalina terquemi* (D'ORB.), *Lingulina pupa* (TERQ.), *Pseudoglandulina* cf. *tenuis* (BORN.), *Pseudoglandulina* cf. *abreviata* (BORN.), *Astacolus prima* (D'ORB.), *Hungarella contractula* (TRIEBEL), *Hungarella amathei* (QUENST.) y *Polycopse 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., *Fucinice ras lavinianum* NEUMB., *Grammoceras normanianum* D'ORB., *Harpoceras falcifer* SOW. (en el paso al Toarciense) *Bouleiceras nitescens* THEU (en el paso al Toarciense) y *Pecten* cf. *pradoanus* VER.

El Toarciense también se caracteriza por ser una alternancia de margas y calizas arcillosas, destacándose un tramo inferior más margoso y otro superior en el que predominan las calizas arcillosas. Es a partir de este tramo superior cuando aparecen, en las microfácies, los primeros microfilamentos. La microfauna es muy característica, destacándose la presencia de *Vaginulina proxima* (TERQ.), *Lenticulina subalata* REUSS, *Ammobaculites* aff. *fontinensis* (TERQ.), *Lenticulina d'orbigny* (ROEM.), *Nodosaria* cf. *metensis* TERQ., *Cytherella toarcensis* BIZON y *Procytheridea sermoisensis* APOST. Entre la macrofauna mencionaremos *Grammoceras striatulus* SOW., *Nautilus* sp., *Bouleiceras nitescens* THEU., *Renziceras nausikae* RENZ, *Hildoceras bifrons* BRUG., *Hildoceras sulevisoni* FUC., *Orthildaites orthus* BUCK., *Zugodactylites braunianum* (D'ORB.), *Sphaerocoeloceras brochiiforme* JAW., *Plicatula spinosa* SOW., *Onychoceras? differens* SOW., *Phymatoceras* cf. *robustum* HYATT (en el techo del Toarciense).

#### 2.7.4 DOGGER (J<sub>2</sub>)

Aflora exclusivamente en el sinclinal de Aranda de Moncayo (columna del mismo nombre) y en el situado en el monte de la Herrera (ángulo NE. de la Hoja). En ambos lugares pueden separarse dos tramos litológicos:

a) El inferior, constituido por calizas microcristalinas que en la base son nodulosas y de tonos gris-rojizos, mientras que en el resto son tabeadas y de tonos gris-oscuro. Son biomicritas con microfilamentos: *Lenticulina*, *Lithistidae*, *Nubecularia*, *Ophthalmidium*, *Epistomina* (*Brotzenia*) y Gasterópodos. La potencia de este tramo, que representa al Aalenense y Bajiense, no sobrepasa los 10 m.

b) El superior, definido por calcarenitas oolíticas, de tonos beige y

blanquecinos, masivas en algunos tramos y tableadas en otros. Son oospa-  
ritas con secciones de *Protopenneroplis striata* WEYNSCH., *Nautiloculina*  
*oolithica* MOHL., *Labyrinthina mirabilis* WEYNSCH., *Trocholina alpina* LEUP.,  
*Trocholina elongata* LEUP., *Textularia*, *Ophthalmidium* y restos de Ostreidos.  
Este tramo corresponde al Bathoniense y de él solamente afloran 17 m. en  
el sinclinal de Aranda, faltando los términos más altos por erosión.

## 2.8 MIOCENO

Como se ha dicho en la introducción de este capítulo, dentro del ám-  
bito de la Hoja los sedimentos del Mioceno afloran en dos áreas: en el  
ángulo SO. de la misma, en la zona de Clares de Ribota, donde se tienen  
las facies de borde de la Cuenca o Depresión de Calatayud y en el área  
sinclinal de La Cabota, al NE. de la línea Trasobares-La Tierga. 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 zona sinclinal de  
La Cabota. Para el estudio estratigráfico de Mioceno se ha levantado la  
columna de Nigüella-III (12) (X = 780.425; Y = 773.525).

### 2.8.1 BURDIGALIENSE-VINDOBONIENSE SUPERIOR-PONTIENSE (?) (T<sup>Ba-Bc</sup><sub>c12-12</sub>)

Ya se ha indicado que este tramo inferior tiene un carácter acusada-  
mente 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 con-  
glomerados de cantos rosados de caliza y de cuarzo con matriz limosa ro-  
sada, que pasan lateralmente a areniscas gruesas y que presentan inter-  
calaciones de limolitas y arcillas limolíticas de tonos rojizos y parduzcos.  
La mayor parte de los bancos de conglomerados y de areniscas se dispo-  
nen en forma de relleno de paleocanales, siendo muy frecuentes las cic-  
trices 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 siem-  
pre resedimentados de niveles mesozoicos. En la zona sinclinal de La Ca-  
bota, 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 éstos, continúan teniendo un carácter marcadamente terrí-  
geno, 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 *Lim-  
naea*, 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, sepa-  
rado y descrito en el siguiente apartado, la edad del techo de aquella

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.

### 2.8.2 VINDOBONIENSE SUPERIOR-PONTIENSE (T<sub>c11-12</sub><sup>Bc</sup>)

Esta unidad cartográfica está definida, como se ha señalado más arriba, por un conjunto de calizas lacustres, de tonos claros a beige, oncolíticas de margas blanquecinas y tobáceas en determinados tramos. Las calizas son micritas o biopelmicritas recristalizadas y biomicritas, conteniendo en todos los casos estructuras algales, secciones de Ostrácodos y de Gasterópodos. Los levigados de los niveles margosos contienen Gasterópodos (*Hydrobia*, *Limnaea*) y Ostrácodos (*Cypria curvata* LIEN.). Este Ostrácodo caracteriza al Vindoboniense y Pontiense de Alemania.

En el área sinclinal de La Cabota, donde aflora esta unidad, en el flanco SO y al norte de La Tierga, se apoya directamente sobre el Lías inferior dolomítico (T<sub>A32-J11</sub>), faltando el Mioceno terrígeno, debido probablemente a que existe un cambio lateral entre ambas unidades cartográficas, de tal modo que la serie lacustre comprende términos más antiguos hacia las áreas septentrionales. El espesor de esta serie lacustre es de unos 100 m. en aquellas áreas donde está más desarrollada.

## 2.9 PLIOCENO-CUATERNARIO

Discordantes sobre las formaciones hasta ahora reseñadas, existen una serie de depósitos detríticos recientes que representan depósitos Pliopleistocenos, Pleistocenos y Holocenos.

### 2.9.1 PLIO-PLleistoceno (T<sub>cz-Q1b</sub><sup>B</sup>)

Se atribuye esta edad a los depósitos de bloques y bolos, en general redondeados o subredondeados, de cuarcitas, empastados en una matriz arenosa, que se encuentran discordantes sobre los relieves paleozoicos de las zonas de la Calderilla y Arándiga, así como sobre el Mioceno de la Depresión de Calatayud, alcanzando potencias de hasta 30 m. y que probablemente representan los restos de materiales de tipo raña.

## 2.9.2 PLEISTOCENO (Q<sub>1</sub>T)

Las *terrazas fluviales* (Q<sub>1</sub>T), adquieren cierta importancia en los valles de los ríos Isuela y Aranda, así como en el afluente de este último, arroyo de Andacón. Se ha reconocido un solo nivel de terraza situada a unos 5-10 m. sobre el nivel actual, cuyo borde se ha señalado en la cartografía. Están constituidas por gravas empastadas en una matriz limoso-arenosa, con lentejones de arenas de grano medio. En realidad se trata de unos depósitos híbridos entre acarreos fluviales y rellenos de fondo de valle.

## 2.9.3 HOLOCENO (Q<sub>2</sub>Al, Q<sub>2</sub>C, Q<sub>2</sub>Cd y Q<sub>2</sub>Sa)

Los *aluviones* (Q<sub>2</sub>Al) están constituidos por bolos y gravas heterométricas y heterogéneas con abundante matriz arenoarcillosa y materia orgánica. Destacan los de los ríos Isuela y Aranda, así como los de los arroyos Andacón y Valjunquera.

De los depósitos *coluviales* (Q<sub>2</sub>C) 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 Illueca.

Los *conos de deyección* (Q<sub>2</sub>Cd) están constituidos por depósitos de bolos, bloques y cantos, caóticamente empastados en una matriz arcillo-limosa. Se ha separado uno cerca de Nigüella.

Finalmente, se han representado como *sedimentos antrópicos* (Q<sub>2</sub>Sa) las escombreras de la mina Santa Rosa, cerca de La Tierga.

# 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 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 modificado 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 Toledálica 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 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 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-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 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 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 Aústrica, que prefiguraron las principales estructuras alpínicas.

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 preocénico 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 «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 una discordancia tectónica entre las unidades que constituyen el tegmento 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 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 DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS**

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

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

Extendida en la mitad occidental de la Hoja, consiste en una estructura sinclinal en materiales cámbricos con dirección NNO-SSE, cuyo flanco oriental está cortado por una gran falla inversa, vergente al NE y cuyo ángulo disminuye hacia el Sur, llegando a cabalgar sobre el Triásico de la fosa de Morés. En su parte Oeste la unidad paleozoica está recubierta por materiales mesozoicos. Una falla inversa de dirección E-O, y vergencia Norte, individualiza dos grandes bloques paleozoicos. Esta unidad se continúa hacia el Norte, pasando a la Hoja de Tabuena.

#### **b) Zona estructural de Brea de Aragón**

Macizo Paleozoico, en el que materiales cámbricos cabalgan a unidades silúrico-devónicas. Se localiza en el ángulo SE de la Hoja.

#### **c) Anticlinorio Moncayo-La Tierga**

Ocupa prácticamente la mitad oriental de la Hoja y está formado por materiales mesozoicos y terciarios. En ella los sedimentos del Buntsandstein forman pliegues de gran radio, alineados según direcciones paleozoicas. En cambio, los materiales mesozoicos 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 estructural se continúa por el Norte en la Hoja de Tabuena.

#### **d) Sinclinorio de La Cabota**

En el ángulo NE de la Hoja, y limitando al Oeste con el anticlinorio Moncayo-La Tierga, está formado por materiales mesozoicos y terciarios, prolongándose, hacia el Norte, en la Hoja de Tabuena en el sinclinorio de Litago-Talamantes.

#### **e) Borde nororiental de la Depresión de Calatayud**

Ocupa el ángulo SO de la Hoja y se caracteriza por estar formada por materiales del Mioceno, subhorizontales, descansando discordantemente sobre la unidad de Jarque-Tablado.

En las unidades descritas pueden distinguirse los siguientes elementos estructurales:

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

###### *Sinclinal de Oseja*

Formado por materiales del Cámbrico Superior-Ordovícico Inferior, tiene una orientación NNO-SSE, ocupa la mitad septentrional de la zona estructural. Por el Este limita con el Mesozoico por una falla inversa (falla de Jarque), y por el Oeste está recubierto discordantemente por el Buntsandstein. Las capas de Valdenaza están afectadas por diversas fallas, y, a pequeña escala, presentan pliegues disarmónicos debidos a la distinta competencia de sus materiales alternantes.

###### *Sinclinal de Viver*

Se sitúa al sur del sinclinal anterior, del que está separado por una gran falla inversa de trazado Este-Oeste, y vergente al Norte (falla de Malache). El eje sinclinal se orienta NO-SE, continuándose más al Sur en la Hoja de Calatayud. Todo el sinclinal está formado por materiales del Cámbrico Inferior. En el núcleo aparecen las Capas de Jalón, descendándose en la serie, en el flanco oriental, hasta llegar al Precámbrico, el cual cabalga por medio de la falla de Jarque, sobre el Triásico de la fosa de Morés. El flanco occidental presenta imbricaciones que repiten el tramo de «cuarcitas de Bámbola», desapareciendo, hacia el Este, bajo la discordancia del Buntsandstein, y los sedimentos subhorizontales del Terciario Continental de la Depresión de Calatayud.

### *Sinclinorio de Aranda-Moncayo*

Entre los dos sinclinales paleozoicos descritos, se extiende una serie mesozoica, comprendiendo materiales desde el Buntsandstein hasta el Dogger, estructurados como un sinclinorio fuertemente asimétrico, en que el flanco Sur está afectado por el empuje cabalgante de la Sierra de la Virgen, llegando a laminar casi completamente todo el Triásico. En su flanco Norte, el Buntsandstein descansa discordantemente sobre el sinclinal de Oseja. Se observan despegues y ligeros deslizamientos a favor de los niveles plásticos del Muschelkalk y Keuper. Con ligera independencia de las materias del Triásico, el Jurásico forma un sinclinal de dirección anómala (SSO-NNE), en cuyo núcleo aparece el Dogger (SO de Aranda de Moncayo).

Hacia el Oeste, en el límite de la Hoja, el mencionado flanco Sur del sinclinorio está recubierto por los sedimentos subhorizontales del Terciario de la Depresión de Calatayud.

### *Falla de Jarque*

Atraviesa la Hoja en su parte central, con dirección NO-SE. Separa los materiales paleozoicos de los sinclinales de Oseja y Sierra de la Virgen, de los mesozoicos del anticlinorio de La Tierga y la fosa de Morés. Se trata de una falla inversa cuyo plano se tiende progresivamente hacia el Sur, llegando a situarse el Precámbrico encima del Mesozoico en la zona de Brea de Aragón. El salto de la falla es aproximadamente de unos 1.500 m.

### *Falla de Malache*

Está situada en la parte centrooccidental de la Hoja. Su dirección es aproximadamente Este-Oeste y separa los bloques paleozoicos de Valdenaza y Sierra de la Virgen. Es una falla ligeramente inversa, cuyo salto es del orden de los 300 m.

## **b) Zona estructural de Brea de Aragón**

### *Anticlinal de Calderilla*

Está formado por materiales del Cámbrico Inferior, apareciendo en su núcleo la «Cuarcita de Bámbola» y en los flancos las «Capas de Embid». El eje está alineado en dirección NNO-SSE y buza hacia el Norte. Forma la parte suroccidental de la zona estructural de Brea de Aragón poniéndose en contacto, hacia el Este, por falla inversa, con el Silúrico-Devónico de la zona de Nigüella. Hacia el Norte limita por la falla inversa de Nigüella con el Cámbrico de la unidad paleozoica de Mesones de Isuela, y con el Buntsandstein de la zona de Illueca. Por el SO se pone en contacto, por falla inversa, con el Triás de la fosa de Morés.

### *Zona plegada de Nigüella*

Está constituida por materiales paleozoicos desde el Ordovícico Superior al Devónico Inferior, plegados en apretados pliegues anticlinales y sinclinales de dirección N-S y NO-SE, con imbricaciones debidas a la plasticidad de las pizarras y al empuje de los bloques cámbricos del Pico de la Lezna (al Oeste) y de Mesones de Isuela (al Norte), el cual cabalga al Devónico de Nigüella. Al Este entra en contacto con el Triásico por medio de una falla de dirección NO-SE, que sigue el curso del río Isuela, posible prolongación de la falla de Trasobares.

### *Paleozoico de Mesones de Isuela*

Conjunto de materiales del Cámbrico Inferior y Medio, incluyendo términos superiores a las «Capas de Jalón». Se presenta formando una serie aproximadamente monoclinal buzando hacia el NE, cabalgando en su borde Sur sobre la zona plegada de Nigüella, y limitada hacia el NE por el mesozoico, en contacto por la falla inversa de Trasobares, siguiendo el curso del río Isuela.

### *Falla de Illueca*

Situada en la parte sur-oriental de la Hoja, pone en contacto un bloque de Cámbrico Inferior con materiales más modernos paleozoicos y mesozoicos. Se trata de una falla cabalgante de plano sensiblemente horizontal.

## **c) Anticlinorio Moncayo-La Tierga**

### *Anticlinal de La Tierga*

Constituye un pliegue de gran radio afectando a materiales mesozoicos con dirección general NNO-SSE, extendiéndose en la parte central de la Hoja de Illueca, y prolongándose, hacia el Norte, en la de Tabuena. Al Oeste está en contacto por la falla de Jarque con el Paleozoico de la unidad de Valdenaza, y al Este, limita con el sinclinorio mesozoico-terciario de La Cabota, por medio de una alineación NNO-SSE que, en profundidad, debe corresponder a una fractura del zócalo, denominada como falla de Trasobares.

En este anticlinal la característica más destacable es la estructuración del Buntsandstein en pliegues de «tegmento» adosados al zócalo paleozoico infrayacente y, por consiguiente, de dirección NNO-SSE.

### *Zona plegada y deslizada de Oseja*

Formada a partir de deslizamientos a favor de los niveles plásticos de la base del Muschelkalk y del Keuper, determinando sucesivas imbricacio-

nes dentro del Muschelkalk, y la formación de pliegues, a veces tumbados, de dirección Este-Oeste, en la zona de Oseja, donde los ejes sufren flexiones que sugieren una actividad dextrógira de la falla de Jarque.

En su límite Sur, esta unidad está afectada por el empuje del bloque paleozoico del Pico de la Lezna, originándose imbricaciones del Muschelkalk en la compleja estructura de la localidad de Illueca.

#### *Fosa de Morés*

Se sitúa hacia el borde sur de la Hoja, entre los bloques paleozoicos de la Sierra de la Virgen y de la Sierra de la Lezna. Afecta a materiales Triásicos, cabalgados hacia el Oeste por el Precámbrico de la Sierra de la Virgen, que se resuelve en una serie compleja de escamas sucesivamente imbricadas hacia el NE.

#### *Falla de Trasobares*

Se trata de una gran falla NNO-SSE, situada en la mitad oriental de la Hoja, que pone en contacto el anticlinorio de La Tierga y el sinclinorio de La Cabota. El salto de falla aumenta hacia el Sur, llegando a los 800 m. Hacia el Norte apenas si tiene salto, pero su trazado se refleja claramente en su topografía, y su dirección es seguida aproximadamente por el río Isuela.

#### **d) Sinclinorio de La Cabota**

##### *Sinclinal de La Cabota*

Ocupa el ángulo nororiental de la Hoja, limitando al Oeste con el anticlinorio de Moncayo-La Tierga. Está formado por materiales mesozoicos y terciarios. La dirección general del eje es NNO-SSE. En el flanco NE falta por completo el Muschelkalk y el Keuper, entrando en contacto deslizado las carnioles sobre el Buntsandstein. También en este plano se observa un sistema de fallas más o menos ortogonales a la dirección del pliegue, separando pequeños bloques con buzamientos anómalos. El centro del sinclinal está ocupado por materiales terciarios del Mioceno, suavemente estructurados para concordantemente con la estructura mesozoica, señalando la acción de una fase tectónica nealpina. Hacia el Oeste, los materiales jurásicos están plegados en suaves anticlinales y sinclinales E-O, y aparecen tectónicamente discordantes sobre el Buntsandstein en el ángulo NE de la Hoja.

## 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 (Tabuena), 25-15 (Illueca), 25-16 (Calatayud) y 26-16 (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 «Cuarцитas 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 («Cuarцитas 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 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, aún del Cámbrico Medio (Capas de Valdenaza).

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.

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 Llandoverenses 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 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 detríticos y la instadación de un régimen de sedimentación muy somero que 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, continuando estas condiciones durante todo el Keuper, con episodios de actividad sub-

volcánica 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.

En general los sedimentos jurásicos se depositaron 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 corresponder a un 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.

Basándose en datos regionales se puede indicar 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.

Durante estas fases se esboza la Depresión de Calatayud, iniciándose la sedimentación miocena en un régimen continental endorreico. Es característico en estos depósitos la rapidez de los cambios laterales de facies, que hacen pensar en unas condiciones climáticas semiáridas. Los fenómenos de evaporación e infiltración serían los causantes de la pérdida de capacidad de transporte de los torrentes y mantos de escurrimiento, que abandonarían los materiales arrastrados muy próximos a los relieves marginales. Debido a estas condiciones reinantes, en el centro de la cubeta se depositarían facies evaporíticas con indentaciones laterales de sedimentos finos. Posteriormente, la atenuación de la aridez pudo ser la causante de la sustitución de las zonas centrales, de la formación yesífera por otra calcárea.

que precipitaría en aguas saturadas en carbonatos. Esta atenuación de la aridez favorece el transporte de los conglomerados marginales hacia el centro de la cubeta, donde se indentan con tramos carbonatados.

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 nexo alguno con la red fluvial actual.

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

## **5 GEOLOGIA ECONOMICA**

### **5.1 MINERIA Y CANTERAS**

La mina de Santa Rosa, en Tierga, explota hematites con un 60 por 100 de Fe y con escasa sílice. El yacimiento es estratiforme y arma en el tránsito Capas de Jalón-Dolomía de Ribota, en el Cámbrico Inferior. La explotación de este criadero se inició en el pasado siglo, y sus reservas se estiman en unas 500.000 Tm. El mineral se emplea en fabricación de pinturas.

Próxima a la anterior, la mina La Potente ha explotado en el pasado un mineral análogo al descrito anteriormente, estando abandonada en la actualidad.

Otros indicios de Fe de pequeño volumen se presentan en el Cámbrico Superior de la zona de Valdenaza (Aranda del Moncayo), consistentes en pequeñas bolsadas de limonita asociada a cuarzo de relleno de cavidades.

Algunos indicios de Cu se encuentran en la citada zona de Valdenaza, así como también en el Cámbrico de Mesones, consistiendo en calcopirita asociada a cuarzo, con carbonatos superficiales; han sido objeto de explotación en la antigüedad.

En la zona de Gotor el Buntsandstein presenta alguna anomalía radiométrica, actualmente en curso de investigación por la Junta de Energía Nuclear.

Existen pocas canteras en la Hoja, generalmente abandonadas o de explotación intermitente. Se han explotado las calizas terciarias de Nigüella y los yesos del Keuper en diversas localidades.

## 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, alguno de los cuales es importante como el de Aranda del Moncayo. En superficie suelen presentar estos materiales una morfología en torcas y dolinas.

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.

En todo caso, la región no presenta necesidades urgentes de captación de aguas subterráneas, dado que carece de núcleos importantes de población y su agricultura es muy restringida.

## 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 Rio Jalón (Zaragoza). Spanien». *Diss.*, pp. 99, Münster.
- BARTSCH, G. (1966).—«Geologische untersuchungen in den östlichen Iberischen Ketten zwischen rio Jalón und der strasse Miedes-Codos-Cariñena (Spanien)». *Tesis*. Westfälische Landes Universität zu Münster. Westfalen.
- BATALLER, J. R., y LARRAGAN, A. (1955).—«Memoria explicativa de la hoja núm. 352, Tabuena (Zaragoza, Soria)». *IGME*, Madrid.
- 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.
- 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. Com. IGME*, 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, París.
- BRUIJN, H. de (1967).—«Miocene Gliridae, Sciuridae and Eomyidae (Rodentia, Mammalia) from Calatayud (prov. Zaragoza, Spain) and their bearing on the biostratigraphy of the area». *Bol. Inst. Geol. Min. Esp. IGME*, vol. 78, pp. 190-365, Madrid.
- (1968).—«On the Mammalian fauna of the Hipparion beds in the Calatayud-Teruel Basin (Prov. Zaragoza, Spain)». *Proc. Kon. Nederl. A. Wettensch.*, vol. 71, núm. 1, pp. 73-76, Utrecht.
- BUROLLET, P; DUVAL, B., y MAGNIER, Ph. (1958).—«Remarques sur le Jurassique au Sud du Fosse de l'Ebro». *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, t. 93, pp. 121-128, Toulouse.
- 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.
- 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 (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. Moncayo». *C. G. S. (inédito)*, Madrid.
- COLCHEN, M. (1974).—«Géologie de la Sierra de la Demanda». *Mem. IGME*, t. 85, 2 vols., Madrid.
- CRUSAFONT, M. (1954).—«Notas para la Estratigrafía y Paleontología de la Cuenca de Calatayud-Teruel». *Not. Com. IGME*, vol. 34, pp. 41-58, Madrid.
- (1957).—«Caracterización del Vindoboniense continental en la Cuenca de

- Calatayud-Teruel». *Cursillos y Conf. Inst. «Lucas Mallada»*, núm. 4, pp. 75-76, Madrid.
- CRUSAFONT, M.; VILLALTA, J. F., y TRUYOLS, J. (1957).—«Definición estratigráfico-paleontológica de la Cuenca Terciaria de Calatayud-Teruel». *Cursillos y Conf. Inst. «Lucas Mallada»*, núm. 4, pp. 89-91, Madrid.
- CRUSAFONT, M., y TRUYOLS, J. (1964).—«Aperçu chronostratigraphique des bassins de Calatayud-Teruel». *Cursillos y Conf. Inst. «Lucas Mallada»*, 2.<sup>a</sup> Reun. Com. Neog. Medit. Sabadell-Madrid 1961, núm. 9, pp. 89-92, 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, Paris.
- 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 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., 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*, 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 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*, t. I, pp. 291-298, Madrid.
- HINKÉLBEIN, K. (1965).—«Der Muschelkalk der zentralen Hesperischen Ketten (Prov. Teruel, Spanien); mit ein beitrug von O. Geyer». *Oberrhein Geol. Abh.*, Karlsruhe, t. 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'Oxfordien et le Lusi-

- tanien en certains points de la Chaîne Celtiberique (Espagne)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 258, pp. 3064-3067, París.
- (1927).—«Etudes Géologiques sur la Chaîne Celtiberique (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. Pag.*, vol. 2, pp. 127-128, Stuttgart.
- LOTZE, F. (1929).—«Stratigraphie und Tektonik des Keltiberischen grundgebirges (Spanien)». *Abh. Ges. Wiss. Gött. Math. Phys. Klaf. 14*, vol. 14, núm. 2, pp. 1-320, Berlín.
- (1956).—«Das Präkambrium Spaniens». *N. Jb. Geol. Paläontol.*, 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, Berlín, Trad. en: *Not. Com. IGME*, 61, pp. 131-164, Madrid, 1961.
- (1961).—«Das Kambrium Spaniens. Teil. I: Stratigraphie». *Abh. Akad. Wiss. Lit. math-naturw. Kl.*, 6; 238-498. Trad. en: *Mem. Inst. Geol. Min. España*, 75, 256 pp., Madrid.
- (1966).—«Präkambrium Spaniens. Literaturbericht 1956-1965». *Zbl. Geol. Paläontol.*, t. 1, 5, pp. 983-1006, Stuttgart.
- (1970).—«El Cámbrico en España». *Mem. Inst. Geol. Min. de España*, t. 75, 256 pp., Madrid.
- MALDONADO, A., y RIBA, O. (1969).—«Cuenca de Calatayud y Sierra de Armantes». *Mem. V Reunión Grupo Esp. Sedimentol.*
- MARTIN FERNANDEZ, M., y ESNAOLA GOMEZ, J. M. (1972).—«Hoja y Memoria núm. 24-14 (MAGNA)». *IGME*, Madrid.
- MELLENDEZ, 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*, t. 44, pp. 42-104, Hannover.
- MOHL (1965).—«Erläuterungen zur geologischen kartierung in den östlichen Iberischen Ketten (Nordest-Spanien)». *Dipl. arb. Ined. Univ. Würzburg.*, pp. 1-58.
- MOUSTERDE, 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.
- (1971).—«Nota sobre la constitución estratigráfica del Moncayo». *Bol. IGME*, vol. 38, pp. 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)». *Mem. Soc. Géol. France. Livre à la Mem. du Prof. P. Fallot*, t. 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 VILLENA, J. (1971).—«Hoja 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*, núm. 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. IGME*, 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.)*, 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 im Nordost Spaniens». *Senckenbergiana*, vol. 29, Frankfurt, A. M.
- RIOS, J. M., y ALMELA, A. (1951).—«Estudio sobre el borde meridional de la Cuenca del Ebro». *Libro Jubilar. IGME*, t. 3, pp. 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. Sec. Geol.*, t. 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.*, t. 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 Ketten der Nordöstlichen Spaniens». *Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges.*, t. 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. 53, pp. 37-50, Madrid.
- VIALARD, P.—«Recherches sur le cycle Alpin dans la Chaîne Ibérique sud-occidentale». *These. Univ. Paul Sabatier*, 455 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 geologischen bau und die Trias von Aragonien». *Zeitsch. Deutsch. Geol. Ges.*, vol. 63, Berlin.

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



SERVICIO DE PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA