



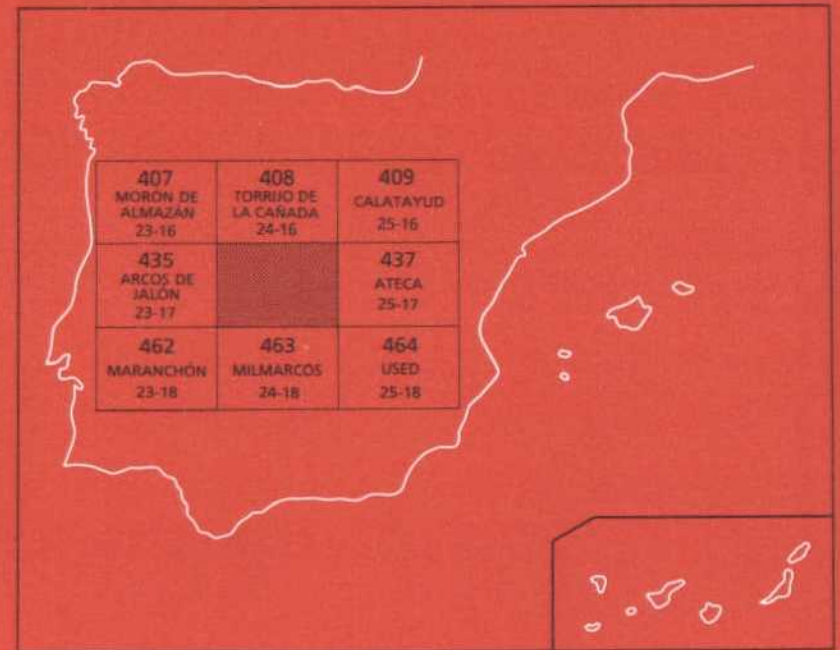
Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

436
24-17

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:1:50.000

Segunda serie - Primera edición



ALHAMA DE ARAGÓN



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

ALHAMA DE ARAGÓN

Primera edición

MADRID, 1.991

Fotocomposición: Cartografía Madrid, S.A.

Depósito Legal: M-38016-1991

NIPO: 232-91-001-4

La presente Hoja y Memoria ha sido realizada por INTECSA, como parte de la Unión Temporal de Empresas INTECSA-ENADIMSA y dentro del programa MAGNA, con normas, dirección y supervisión del ITGE.

Han intervenido los siguientes técnicos superiores:

Dirección y supervisión

Gabaldón López, V. (ITGE).

Martín Serrano, A. (ITGE).

Autores

Lendínez González, A. (INTECSA). Jefe del Proyecto, Sedimentología del Terciario, Cartografía y Memoria.

Martín Herrero, D. (INTECSA). Paleozoico y tectónica del Hercínico.

Colaboradores

Rosell Sanuy, J.; Costa Mercadal, J. M.; Gómez Gras, D. y Maestro Maideu, E. (Universidad Autónoma de Barcelona). Sedimentología del Paleozoico y Triásico inferior (Facies Buntsandstein) y Formación Utrillas.

Meléndez Hevia, A. (Universidad de Zaragoza). Sedimentología de carbonatos del Cretácico superior y Facies Muschelkalk.

Simón Gómez, J. L. (Universidad de Zaragoza). Tectónica del Alpino.

Valverde Hernández, M. (INTECSA). Geomorfología y formaciones superficiales.

Tena-Dávila Ruiz, M. (INTECSA). Geología económica (Minería y Canteras).

Ruiz Fernández de la Lopa, V. (INTECSA). Geología económica (hidrogeología).

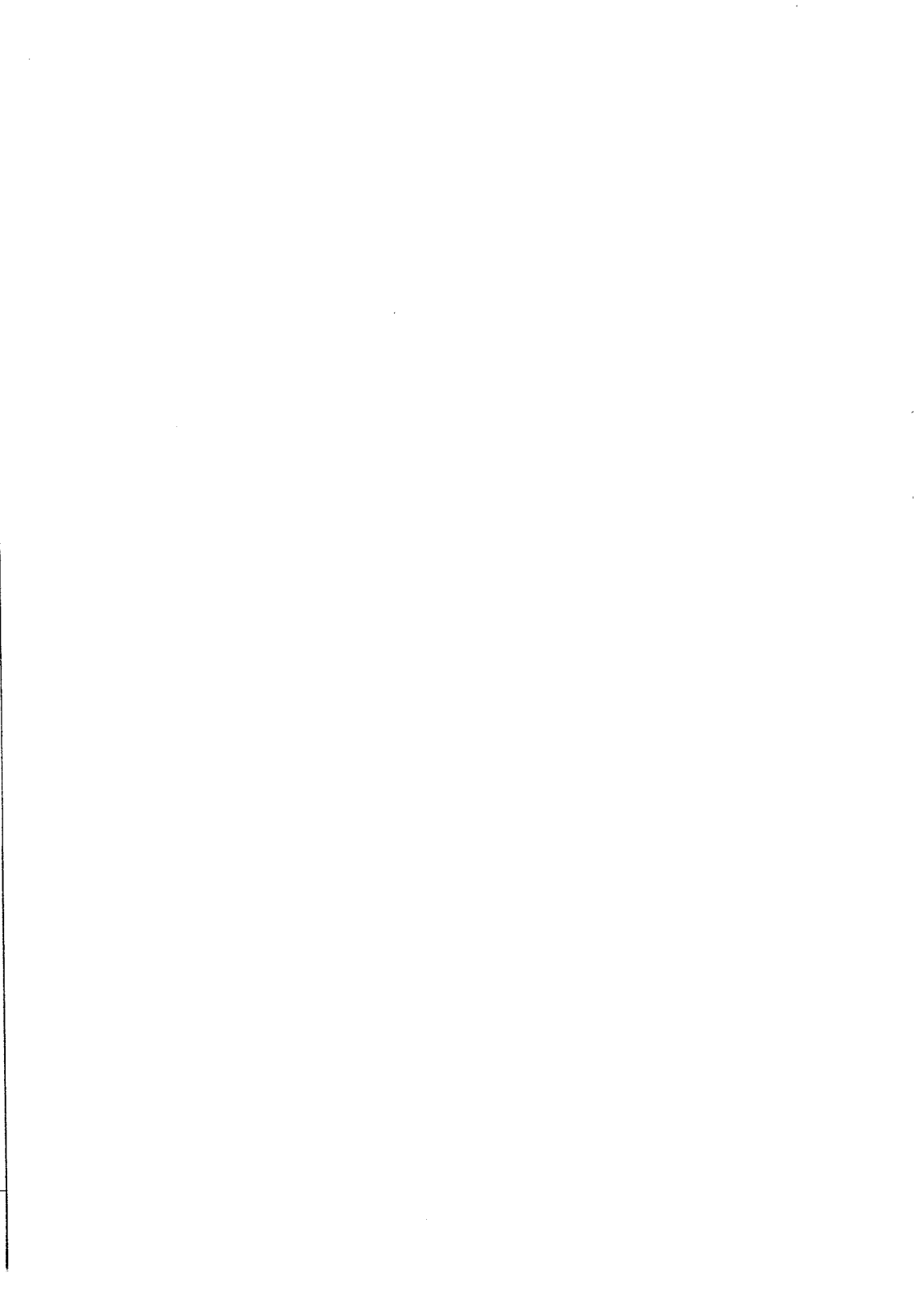
Granados Granados, L. (ENADIMSA). Micropaleontología.

ENADIMSA. Laboratorio.

Información complementaria

Se pone en conocimiento del lector que en el centro de Documentación del Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE) existe para su consulta una documentación complementaria a esta Hoja constituida por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informes paleontológicos, sedimentológicos, estructurales, etc.
- Columnas estratigráficas de detalle.
- Fichas bibliográficas.
- Álbum fotográfico.
- Demás información varia.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
1. ESTRATIGRAFÍA	12
1.1. Ordovícico	12
1.1.1. Formación Borrachón: pizarras y niveles de cuarcita(1)Tremadociense	12
1.1.2. Formación Deré: pizarras y cuarcitas (2). Tremadociense	14
1.1.3. Formación Santed: pizarras, areniscas y cuarcitas (3). Tremadociense - Arenigiense	14
1.2. Triásico	15
1.2.1. Areniscas y arcillas (4). Facies Buntsandstein	15
1.2.2. Dolomías, margas y calizas estromatolíticas (5). Facies Muschelkalk .	16
1.2.3. Arcillas, margas versicolores y yesos (6). Facies Keuper	18
1.3. Tránsito Triásico-Jurásico	18
1.3.1. Formación Carniolas de Cortes de Tajuña (7)	18

1.4.	Cretácico	19
1.4.1.	Formación Arenas y areniscas de Utrillas (8). Albiense-Cenomaniense .	19
1.4.2.	Formación Arenas y calizas de Santa María de las Hoyas (9). Cenomaniense	20
1.4.3.	Formación Calizas dolomíticas de Nuévalos (10). Cenomaniense	21
1.4.4.	Formación Calizas nodulosas de Monterde (11). Cenomaniense superior-Turonense inferior	22
1.4.5.	Formación Calizas bioclásticas de Jaraba (12). Turonense	22
1.4.6.	Formación Calizas dolomíticas del pantano de la Tranquera (13). Coniaciense-Santonense inferior	23
1.4.7.	Formación Calizas de Hontoria del Pinar (14). Santonense	23
1.4.8.	Formación Calizas de Burgo de Osma (15). Santonense superior-Campanense	24
1.4.9.	Compresivo de las Formaciones Calizas de Hontoria del Pinar y Burgo de Osma (16). Santonense-Campanense	24
1.5.	Terciario	25
1.5.1.	Paleógeno	26
1.5.1.1.	Margas, margocalizas, calizas, arcillas, areniscas y niveles de conglomerados (17). Paleoceno	27
1.5.1.2.	Conglomerados, areniscas y arcillas rojas (18). Paleoceno-Mioceno inferior	27
1.5.2.	Neógeno	28
1.5.2.1.	Conglomerados y arcillas (19). Mioceno inferior-medio	28
1.5.2.2.	Arcillas, areniscas y conglomerados (20). Mioceno inferior-medio	29
1.5.2.3.	Conglomerados, areniscas y arcillas con carbonatos (21). Mioceno inferior-medio	30
1.5.2.4.	Conglomerados calcáreos (22). Mioceno medio-Plioceno .	31
1.5.2.5.	Arcillas con cantos cuarcíticos (23). Mioceno medio-Plioceno	31
1.5.2.6.	Calizas y margocalizas (24). Plioceno	32
1.6.	Cuaternario	32
1.6.1.	Conglomerados calcáreos, <i>glacis</i> (25)	32
1.6.2.	Gravas poligénicas. Terrazas (26)	32
1.6.3.	Tobas calcáreas (27)	33
1.6.4.	Limos y gravas. Conos de deyección (28)	33
1.6.5.	Limos, arcillas y gravas. Aluvial (29)	34
2.	TECTÓNICA	34
2.1.	Tectónica hercínica	34
2.1.1.	Introducción	34
2.1.2.	Primera fase de deformación	34

2.1.3.	Segunda fase de deformación	38
2.1.4.	Deformaciones tardías	38
2.2.	Tectónica alpina	42
2.2.1.	Descripción macroestructural	42
2.2.2.	Análisis microestructural	44
2.2.3.	Interpretación estructural	47
3.	GEOMORFOLOGÍA	48
4.	HISTORIA GEOLÓGICA	50
5.	GEOLOGÍA ECONÓMICA	56
5.1.	Minería y canteras	56
5.2.	Hidrogeología	60
6.	BIBLIOGRAFÍA	65

INTRODUCCIÓN

La presente memoria de la Hoja Geológica a escala 1:50.000 de Alhama de Aragón (436) es una explicación del Mapa geológico al que acompaña y que abarca los capítulos de Estratigrafía, Tectónica, Geomorfología, Historia Geológica, Geología Económica y un apartado de bibliografía consultada.

La Hoja se encuentra encajada entre las ramas Aragonesa y Castellana de la Cordillera Ibérica. Por un lado, los relieves estructurales de los ángulos NE y SE (Rama Aragonesa) y, por otro, los existentes en el ángulo SO y borde meridional (Rama Castellana). Asimismo se encuentra situada en el extremo Suroriental de la Depresión o Cuenca de Almazán.

En el aspecto administrativo, la Hoja forma parte de las Comunidades de Aragón y Castilla y León, concretamente dentro de las provincias de Zaragoza y Soria, respectivamente.

Los aspectos a destacar, desde el punto de vista morfológico, son: de un lado, los relieves estructurales que forman las Sierras de Cetina, Godojos, San Gregorio, Santiago y los existentes al Sur y Suroeste de la localidad de Jaraba. Por otro lado, la práctica totalidad de la Hoja se encuentra ocupada por un relieve escalonado, cuya zona más baja corresponde al valle del río Jalón, que sirve de paso a las vías de comunicación entre Madrid y Aragón, junto a las cuales se desarrollan los principales núcleos de población que aparecen en la Hoja (Alhama de Aragón, Cetina, Ariza, etc.).

Geológicamente se sitúa en el Sistema Ibérico o Celtibérico de LOTZE (1.929). Se encuentran materiales que abarcan desde los términos inferiores del Ordovícico hasta materiales del Neógeno continental y Cuaternario ocupando la mayor extensión los materiales neógenos y el resto queda para los materiales paleozoicos y mesozoicos.

Como apoyo cartográfico para la elaboración de la Hoja se ha tenido en cuenta el Mapa de Síntesis 1:200.000 de Soria, número 31, así como los recientes trabajos de ámbito provincial realizados por la Universidad de Zaragoza, por encargo del Servicio Geológico de la Excelentísima Diputación Provincial y que amablemente nos han sido cedidos.

En cuanto a la estructuración de la memoria, se ha considerado especialmente el capítulo de Geología Económica recopilándose la información minera e hidrogeológica existente y realizándose un esfuerzo en la caracterización de nuevos indicios mineros.

Se ha realizado un informe complementario sobre la geofísica de la cuenca de Almazán, en el que se han recopilado y reinterpretado líneas sísmicas planificadas con fines de exploración de petróleo y se han completado con la realización de sondeos eléctricos verticales. En la figura 1 se indica la situación de los perfiles eléctricos y de los sondeos eléctricos verticales que se han reinterpretado y realizado, respectivamente.

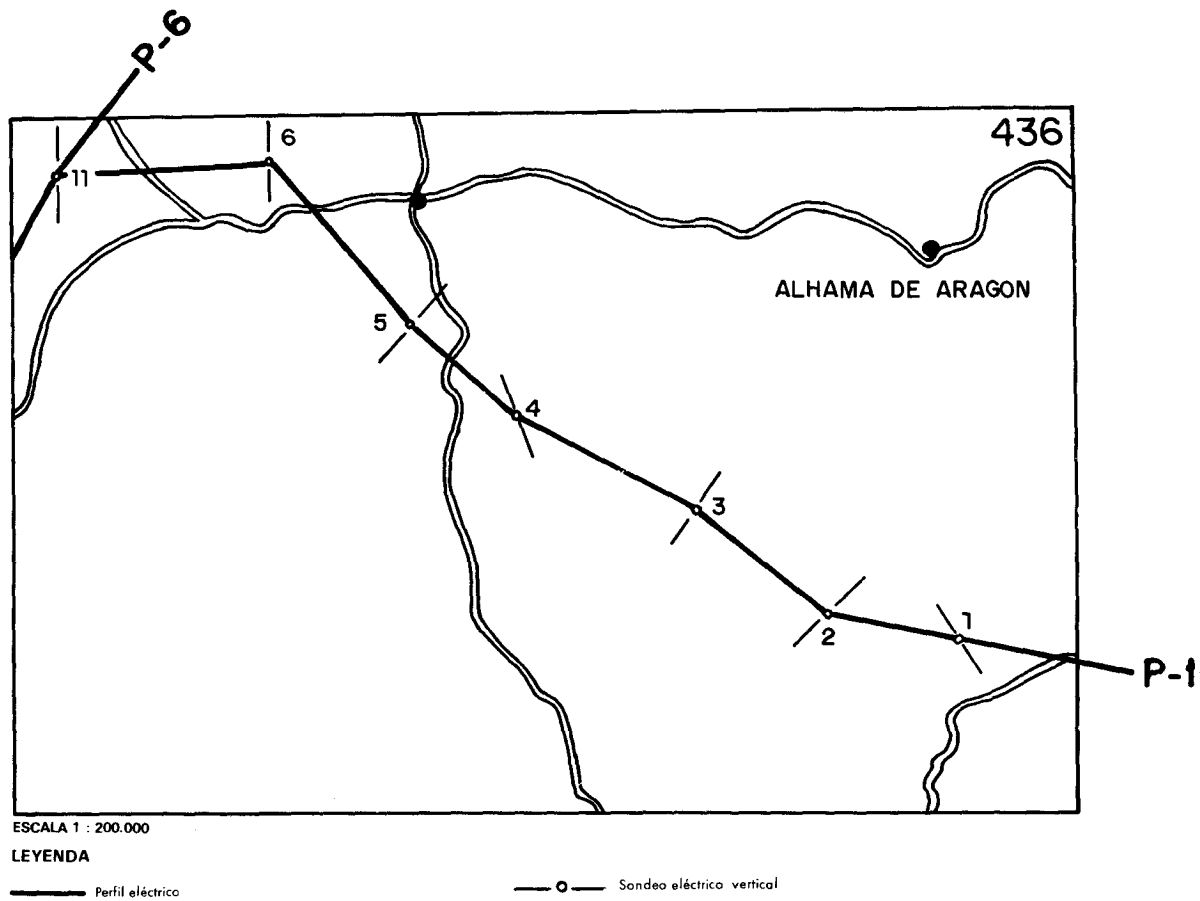


Fig.-1 Esquema de situación de los perfiles eléctricos verticales y sondeos eléctricos verticales (sev)

1. ESTRATIGRAFÍA

En la presente Hoja afloran materiales del Ordovícico, agrupados en tres formaciones del Tremadoc-Arenig; del Triásico en facies germánicas; del Cretácico en sus dos ciclos, continental-marino y marino-lagunar; y los atribuidos al Terciario y Cuaternario que rellenan más del 80 % de la Hoja.

1.1. ORDOVÍCICO

1.1.1. Formación Borrachón. Pizarras y niveles de cuarcita (1). Tremadociense

Esta unidad aflora en el ángulo nororiental de la Hoja, y da lugar a una zona, en el aspecto morfológico, alomada y muy evolucionada, en contraste con las formaciones cuarcíticas infra y suprayacentes.

La caracterización litoestratigráfica y sedimentológica que se ha realizado para esta Hoja ha sido llevada a cabo en el corte del embalse de la Tranquera, en la vecina Hoja de Ateca (437), y concretamente en los alrededores de Castejón de las Armas (Fig. 25). No obstante, esta unidad es visible en el talud de la carretera nacional II de Madrid a la Junquera, aunque algo más fracturada que la anterior.

Litológicamente, predominan sedimentos pizarrosos y limolíticos verdes y negros, entre los que se intercalan areniscas y cuarcitas en capas generalmente menores de 1 m. Ocasionalmente pueden tener hasta 5 m. La potencia del conjunto en la zona es de unos 800 a 850 m.

En el aspecto sedimentológico los materiales finos se presentan bioturbados, masivos y en estratos con geometría tabular de hasta 20 m. En los depósitos limosos las estructuras más frecuentes son laminación cruzada de pequeña escala (de oscilación y corriente) *lenticular* y *wavy* y laminaciones paralelas.

Las areniscas y cuarcitas intercaladas son de grano fino a grueso. Se presentan en estratos tabulares con bases canalizadas, estratificación cruzada planar de bajo ángulo, laminación paralela y localmente estratificación *hummocky*.

Esta unidad está incluida en la secuencia de Castejón de las Armas-Carenas depositada en una plataforma distal con dominio de tormentas, donde se redepositan con una sedimentación tipo «turbidítico», en sentido amplio, los materiales procedentes de un depósito turbidítico proximal.

Desde el punto de vista petrológico estas pizarras se clasifican como pizarras limolíticas, constituidas por mica blanca, cuarzo (distribuido homogéneamente en un 30 %), clorita, opacos y minerales arcillosos.

Por último, respecto a la cronoestratigrafía de esta unidad, se han considerado los datos aportados por SCHMITZ (1.971), JOSOPAIT (1.972) y WOLF (1.980), que señalan la presencia de trilobites, braquiópodos y crucianas; géneros como *Asaphellus sp.*; *Dikelocephalina sp.*; *Shumardia sp.*; *Ectenoglossa sp.*, *Lingulepis cf. acuminata*; *Cruziana semiplicata*, *Cruziana furcifera* y *Cruziana rugosa*, así como microfósiles de Acritarcos que permiten asignar a estos sedimentos al Tremadociense.

		SIST. DEPOSICIONAL	SECUENCIAS	FM. CARTOGRAF.		
ORDOVICICO	TURBIDITICO	CHANNEL - - LEVEE	EMBALSE DE LA TRANQUERA	SANTED		
		" CANALES "			⑫	
		LOBULOS		DERE	⑪	
			PLATAFORMA DISTAL DOMINIO DE TORMENTAS	CASTEJON DE LAS ARMAS	BORRACHON	
				CARENAS		⑩
						⑨
						⑧
						⑦
	CAMBRICO	TURBIDITICO	CHANNEL - - LEVEE	ATECA	VALCONCHAN	
			LOBULOS ABANICO	DAROCA		⑥
		PRODELTA	HUERMEDA	HUERMEDA	④	
		DELTA CON REGENERACION DE PLATAFORMA	EMBID- -RIBOTA	RIBOTA	③	
				EMBID - JALON	②	
		DELTAICO EN REGIMEN MESOMAREAL	BAMBOLA	CUARCITAS DE BAMBOLA	①	

Fig.-2 Columna sintética del Paleozoico secuencias y Fm. Cartografiadas.

1.1.2. Formación Deré pizarras y cuarcitas (2). Tremadociense

Denominada en la literatura «Cuarcita de Scolithus», esta unidad presenta en la zona una potencia de unos 600 m y mantiene la alineación estructural, al igual que las unidades infra y suprayacentes.

En algunas zonas, siguiendo los trabajos de SCHMITZ *op. cit.*, se pueden independizar tres miembros. En la Hoja de Alhama de Aragón, así como en sus aledaños, se han cartografiado como una sola unidad.

Desde el punto de vista litológico, la unidad la describimos como cuarcitas y areniscas lajeadas de grano fino en la base y cuarcitas y areniscas de grano medio, de 30 a 80 cm de espesor en el techo. Presentan estratificación cruzada en surco, laminación paralela, laminación cruzada de bajo ángulo, *ripples* de oscilación y estratificación *flaser* que origina techos ondulados y ocasionalmente bioturbación por *Scolithus*.

Las pizarras intercaladas, de aspecto masivo y geometría tabular de hasta 4 m de potencia, intercalan areniscas lenticulares de hasta 5 cm de espesor en las que se pueden observar *ripples* de oscilación.

Sedimentológicamente corresponde al inicio de una nueva secuencia que se superpone a la de Castejón de las Armas-Carenas y da lugar a un nuevo sistema turbidítico completo; la secuencia del embalse de la Tranquera. Esta unidad representa las facies de lóbulos de dicha secuencia.

Las muestras tomadas en los tramos pizarrosos dan una composición mineralógica de cuarzo, plagioclasa, clorita, turmalina, circón y rutilo. Se observan fragmentos de argilita marcando la estratificación y una cierta esquistosidad de crenulación a 50°.

Esta unidad ha podido datarse, en zonas próximas, como Tremadoc por la presencia de Trilobites (*Asaphellus sp.*) y huellas de *Cruziana semiplicata* y *Cruziana rugosa*.

1.1.3. Formación Santéd. Pizarras, areniscas y cuarcitas (3). Tremadociense-Arenigiense

Esta unidad, de la que se han medido en la serie del pantano de la Tranquera, Hoja de Ateca (437), 1.256 m (Informe complementario), se sitúa entre la Formación Deré y los afloramientos triásicos en Facies Buntsandstein.

Su litología está constituida por una alternancia de areniscas y lutitas pizarrosas de tonos ocre y verdosos con intercalaciones de cuarcita de igual tonalidad. Los cuerpos areniscosos, de espesor entre 0,5 y 1 m, se organizan en ciclos estrato-granocrecientes y están formados por capas con secuencias tipo Tb-e y Ta-e y granulometría fina a media. Las lutitas, que tienen por lo general un aspecto masivo, se disponen en niveles tabulares de hasta 10 m de potencia que pueden presentar laminación paralela e intercalan niveles de areniscas con estratificación lenticular. Los niveles cuarcíticos, de 1 a 2 m de potencia, representan escasas intercalaciones de geometría tabular a lo largo de la serie.

Sedimentológicamente, esta unidad, que pertenece a la secuencia del embalse de la Tranquera,

corresponde a un sistema turbidítico con facies de canales y *channel levee*.

Las pizarras, estudiadas petrológicamente, dan una composición de mica blanca, cuarzo, minerales carbonosos y opacos con muy baja recristalización metamórfica. Las areniscas se clasifican como meta-limolitas cuarzosas, con matriz arcillosa que ocupa al menos un 50 % de la roca e impide que los granos de cuarzo se toquen. Entre los accesorios se han detectado turmalina, biotita, rutilo y circón.

Dentro de la Hoja, no se han encontrado restos fósiles. Sin embargo, en la vecina Hoja de Ateca (437) se han identificado por autores ya citados, géneros que permiten datar el Tremadociense superior y el Arenigiense inferior.

1.2. TRIÁSICO

Los materiales de edad Triásico afloran en facies germánicas y se localizan únicamente en el ángulo NE de la Hoja, apoyados en discordancia sobre el Paleozoico y en dirección NO-SE.

Se distinguen cuatro unidades cartográficas que se asimilan a las ya conocidas Facies Buntsandstein, Facies Muschelkalk y Facies Keuper, y a techo de esta última un conjunto carniolar que sirve de tránsito al Jurásico y que corresponde a la Formación Carniolas de Cortes de Tajuña.

Sobre el Triásico de la región existe abundante documentación, entre las que cabe destacar VIRGILI (1.977) y VIRGILI *et al.* (1.977) que establecen dataciones de las unidades del Triásico, señalando su diacronía sobre todo en el límite inferior. GARRIDO *et al.* (1.977) establecen el estudio secuencial para el Triás germánico, así como su paleogeografía. VILAS *et al.* (1.977) estudian los afloramientos de los alrededores de Nuévalos. RAMOS (1.979) estudia el Triásico en un sector al Oeste de Molina de Aragón, y más recientemente, CAPOTE *et al.* (1.982) realizan un amplio estudio estratigráfico, sedimentológico y paleogeográfico en un área de la Cordillera Ibérica próxima a la zona de estudio.

1.2.1. Areniscas y arcillas (4). Facies Buntsandstein

Para el estudio de esta facies se ha realizado un corte en la carretera nacional II de Madrid a Zaragoza en las inmediaciones del km 210, al E de la cantera de explotación de las calizas del Muschelkalk, que sintéticamente se refleja en la figura 3.

En este corte se han diferenciado tres tramos: Un tramo basal (a) de arcillas rojizas a verdes que intercala areniscas de grano fino, con estratificación lenticular y costras ferruginosas. Su base se encuentra algo tectonizada y ligeramente cubierta por derrubios. El espesor es de 18 m, aproximadamente. Un segundo tramo (b) constituido por areniscas de grano medio a grueso, formando ciclos *thickening & coarsening upward*, de 33 m de espesor. Por último, un tercer tramo (c) formado por una alternancia de arcillas y areniscas, estas últimas más abundantes a techo, cuyo espesor es de 20 m. En total la serie medida presenta un espesor de 72 m.

En el aspecto sedimentológico esta facies está formada, en general, por una estratificación *linsen*

con costras ferruginosas, pseudomorfos de sal e indicios de pedogenización en las arcillas. Las areniscas corresponden en su mayoría a flujos gravitacionales. Todo ello se interpreta como depósitos en un medio de transición en áreas intra y supramareales, en un sistema deltaico dominado por procesos de *crevassing*. También cabe la posibilidad de que se haya depositado en un medio lacustre más o menos salado, donde descargaban flujos gravitacionales de elevada densidad.

La presencia de fósiles en esta facies es nula, al menos en la zona donde se ha realizado el corte litoestratigráfico. Esto nos lleva a encuadrar estas facies dentro del Triásico inferior, y posiblemente medio, en función de su posición estratigráfica y paleogeografía (capítulo 4 Historia Geológica).

1.2.2. Dolomías, margas y calizas estromatolíticas (5). Facies Muschelkalk

Esta unidad descansa mediante contacto concordante gradual y rápido sobre las areniscas y lutitas de la Facies Buntsandstein. Aflora al igual que los materiales infrayacentes en una banda NO-SE, situada en el extremo Nororiental del Mapa, y constituyen, dada su naturaleza dolomítica, la parte alta de un relieve en cuestras que proporciona un importante resalte morfológico.

Para su estudio se ha realizado un perfil de detalle en la cantera abandonada a unos 2 km al NE de Alhama de Aragón, al borde de la carretera nacional II Madrid-Zaragoza. De los tres tramos que caracterizan el Muschelkalk, en gran parte de la Cordillera Ibérica, los materiales aflorantes corresponden al tramo superior.

Su litología presenta la siguiente sucesión: En la base un pequeño tramo lutítico con niveles de arenas y dolomías en lechos finos. A continuación se disponen 16 m de dolomías finas, grises, de aspecto masivo, estratificadas en gruesos bancos, planoparalelos y/o ondulados, apareciendo también estratificación cruzada. Por lo general, están intensamente bioturbadas, observándose laminación paralela y ondulada debida a *ripples*. Por encima se sitúan 12 m de dolomías grises, microcristalinas con estratificación ondulada y juntas margosas regulares, así como superficies ferruginosas. En la base se observan geodas y huellas de carga.

En el aspecto sedimentológico, esta unidad corresponde en su parte inferior, tal como muestra la disposición de facies, a una llanura mareal carbonatada sometida a corrientes y oleaje, con estratificación cruzada, generada por migración de dunas, y laminación ondulada de *ripples*, originada por efecto de oleaje. La presencia de bioturbación señala la colonización de los fondos protegidos, mientras que la laminación algal muestra la colonización de ambientes someros. La secuencia es, pues, de somerización, correspondiente a la progradación de los ambientes someros intermareales sobre los sedimentos de energía moderada a alta de los ambientes submareales.

Los tramos intermedios con geodas, estratificación ondulada, sílex y costras ferruginosas, se interpretan como depósitos someros bajo la acción del oleaje con frecuentes estados de interrupción sedimentaria.

El techo de la serie muestra una sucesión de dolomías tableadas, con *ripples* de oleaje, colonización algal (estromatolitos) y exposición subaérea, depósitos generados en ambientes someros inter-su-

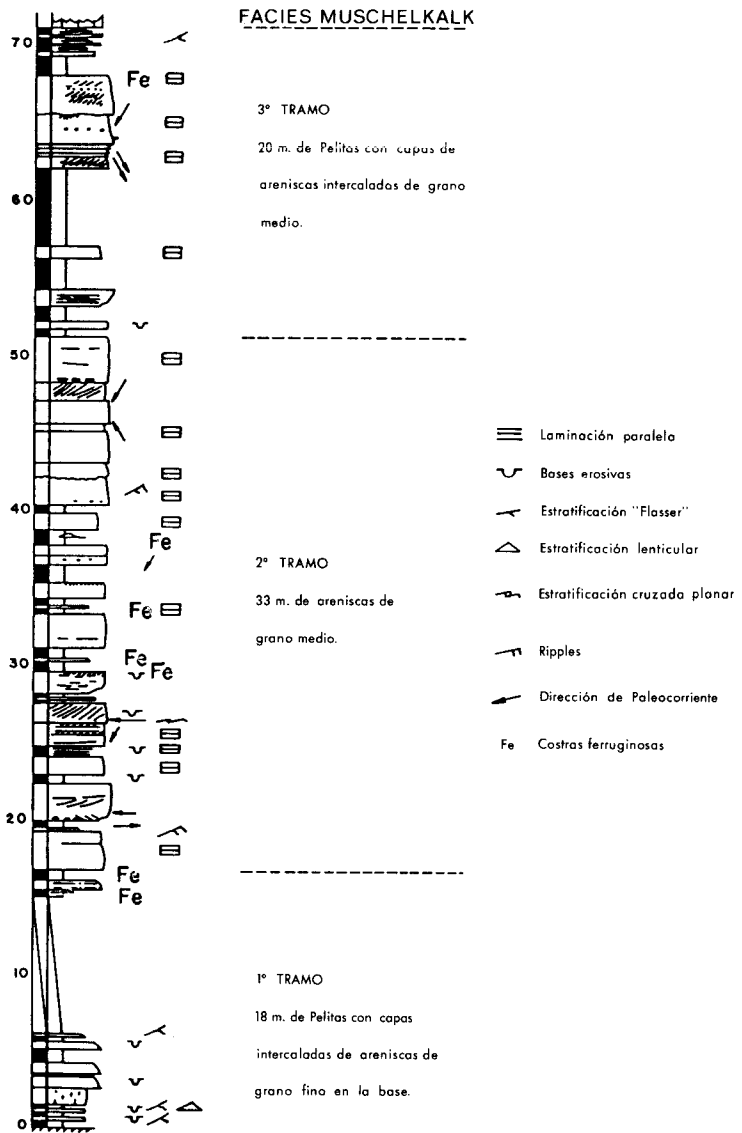


Fig. - 3 Columna de la F. Buntsandstein en la hoja de Alhama de Aragon

pramareales, alternantes con margas laminadas que se depositarían en una llanura fangosa supramareal.

Los datos paleontológicos que se conocen sobre esta facies, en la Hoja, son muy escasos o casi nulos. Por otro lado, en bibliografía no se han encontrado datos de significación respecto a este aspecto, por lo que sumado a lo anteriormente mencionado, la Facies Muschelkalk la situamos cronológicamente dentro del Triásico medio, sólo en función de su posición litoestratigráfica.

1.2.3. Arcillas, margas versicolores y yesos (6). Facies Keüper

Esta unidad aparece sobre las facies dolomíticas del Muschelkalk mediante un contacto a veces concordante y otras mecanizado. Sus afloramientos se localizan en los fondos de valle, relacionados con los flancos de las estructuras anticlinales y sinclinales o a favor de alguna fractura.

En esta Hoja no se ha podido levantar ninguna columna y, por lo tanto, no se han diferenciado los tramos descritos por VILAS *et al.* (1.977), y CAPOTE *et al.* (1.982). Solamente se ha observado el tramo basal. Está constituido por lutitas rojas en las que se intercalan con frecuencia niveles yesíferos y en algún caso niveles de arena con laminación cruzada de escasa potencia. Además, aparecen arcillas rojas, margas, de diferentes tonalidades, limolitas y localmente se encuentran niveles de yesos blancos. No se han observado los niveles carbonatados descritos en áreas próximas más al Este.

Su potencia presenta una gran variación lateral y es difícil de calcular dado su carácter plástico. En los alrededores de Alhama de Aragón no debe de sobrepasar los 25-30 m.

Según VILAS *et al.* (1.977) y CAPOTE *et al.* (1.982) este tipo de facies presentan unas características texturales y estructurales que permiten su interpretación como correspondiente a depósitos en ambientes de *lagoon* hipersalino o *sabkhas* continentales en clima árido con etapas de intensa evaporación.

El límite superior de la unidad lo constituye en esta región de manera irregular y discontinua la Formación Carniolas de Cortes de Tajuña. GOY *et al.* (1.976).

VIRGILI (1.977) y VIRGILI *et al.* (1.977) atribuyen a estas facies una edad Triásico superior (Carniense-Noriense) para la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica.

1.3. TRÁNSITO TRIÁSICO-JURÁSICO

1.3.1. Formación Carniolas de Cortes de Tajuña (7)

Por encima de los depósitos en Facies Keuper y normalmente mediante un contacto mecanizado, se diferencia un pequeño rosario a modo de monteras de dolomías masivas brechificadas. Estos materiales están afectados por un intenso arrasamiento y una fuerte alteración superficial, que dificulta su observación en detalle y no permite el levantamiento de columnas representativas.

El estudio se limita en exclusiva a la zona del valle del río Monegrillo, situado al E de Alhama de Aragón.

Desde el punto de vista litoestratigráfico esta unidad se asimila a la Formación Carniolas de Cortes de Tajuña, que litológicamente se encuentra constituida por dolomías brechoides oquerosas de tonos grises, con frecuentes recristalizaciones, densas y geodas de calcita. La potencia observada es del orden de 20 a 40 m.

La génesis de esta formación se interpreta como un depósito en un ambiente de plataforma muy restringida, somera, en condiciones climáticas de aridez, que propiciaban una activa sedimentación de evaporitas y en menor proporción de carbonatos. Ligeros cambios en las condiciones de la cuenca o pequeñas variaciones del nivel del mar permitían la eventual instalación de llanuras de marea o de *sabkhas* supramareales.

La posterior disolución de las evaporitas por circulación de agua dulce, probablemente en varias etapas, provocó la formación de grandes cavidades y la fragmentación de los carbonatos intercalados. Por consiguiente, el colapso de la unidad origina la litofacies de brechas dolomíticas, observable en la mayoría de los afloramientos.

Al ser continuación del medio sedimentario de la Facies Keuper y, por posición estratigráfica, se toma esta formación como tránsito Triásico superior-Jurásico.

1.4. CRETÁCICO

Este sistema puede ser reconocido en el extremo Nororiental y Suroriental de la Hoja, así como en pequeños afloramientos del ángulo Suroccidental, entre los depósitos aluviales del Neógeno. Comprende la Formación Arenas de Utrillas en la base, de edad Albiense-Cenomaniense y una potente serie carbonatada, que incluye un conjunto de formaciones que se describen más adelante y cuya edad se extiende desde el Cenomaniense hasta el Campaniense. Quedan fuera de la Hoja las formaciones de techo de edad Campaniense-Maastrichtiense.

La bibliografía sobre el Cretácico en la región es muy extensa y sería interminable la lista de autores que han estudiado este sistema. Sin embargo, cabe destacar los trabajos de HERNÁNDEZ PACHECO (1.954), LUNAR y SÁNCHEZ CELA (1.973), MOJICA y WIEDMAN (1.977), FLOQUET *et al.* (1.981) y (1.982), CAPOTE *et al.* (1.982), ALONSO *et al.* (1.986) y MELÉNDEZ, A. (1.983), y AGUILAR *et al.* (1.971).

Para el estudio del Cretácico superior carbonatado se han realizado dos perfiles de detalle situados, el primero, en la Muela de Alhama, en las proximidades del pueblo de Alhama de Aragón, y el segundo, en Jaraba, en las proximidades del Balneario de la Virgen, en el valle del río Mesa.

1.4.1. Formación Arenas y areniscas de Utrillas (8). Albiense-Cenomaniense

Esta formación, base del Cretácico en la región, se apoya discordante sobre los materiales de

edad triásica y aflora únicamente en el ángulo NE de la Hoja.

De los afloramientos reconocidos se han estudiado con más detalle los más próximos a la localidad de Alhama de Aragón, concretamente entre ésta y el río Monegrillo, a lo largo de la carretera nacional II de Madrid a La Junquera.

Litológicamente, se distinguen tres tramos:

— Un tramo basal constituido por arenas microconglomeráticas y microconglomerados de cantos redondeados de cuarzo, matriz arenosa, con estratificación canaliforme y amalgamaciones. Por encima, se encuentran areniscas de grano fino, micáceas, que culminan con la aparición de lutitas muy bioturbadas y laminadas.

— Un tramo intermedio eminentemente arenoso con algún canto disperso y en el que se aprecian areniscas de grano grueso a medio en la base y areniscas de grano fino en la parte superior que pasan verticalmente a lutitas laminadas y muy bioturbadas. Este tramo presenta, además, costras ferruginosas abundantes en la parte superior y, como hecho significativo, los cantos silíceos se ordenan según la laminación interna de la estratificación.

— Por último, un tramo superior constituido por areniscas de grano grueso a finas que pasan a lutitas blancas o grises, con abundante bioturbación y restos vegetales, así como frecuentes encostramientos ferruginosos.

El conjunto de la formación presenta un espesor aproximado de 170 m.

Desde el punto de vista sedimentológico, el primer tramo se encuentra ordenado en secuencias positivas con estratificación cruzada planar de bajo ángulo y cuerpos canaliformes de base suavemente erosiva. El segundo, por secuencias positivas grano y estrato decrecientes, con estratificación cruzada planar de bajo ángulo y en surco. En el último tramo y superior, se distinguen laminación ondulada de *ripples* y estratificación *flaser*, así como laminaciones paralelas muy abundantes en las lutitas.

Todo el conjunto de la formación se sitúa en un ambiente mixto con predominio de llanuras aluviales, con canales *braided*, que evolucionan progresivamente hacia zonas más distales con influencia litoral y ambientes estuarinos.

Dada la carencia de fósiles, la edad atribuida a esta formación se da en función a su posición estratigráfica. Es por ello que le asignamos una edad Albiense-Cenomaniense inferior.

1.4.2. **Formación Arenas, arcillas y calizas de Santa María de las Hoyas (9). Cenomaniense**

Esta unidad constituye el término basal de la serie del Cretácico superior carbonatado y se apoya en contacto transicional-concordante sobre la Formación Utrillas. La base de esta formación se inicia y considera a partir del primer nivel carbonatado con restos fósiles marinos.

Es una unidad heterolítica, formada por limos, arcillas, margas de diferentes tonalidades, areniscas calcáreas de grano grueso a fino con estratificación cruzada planar y en surco, y calizas arenosas, *wackestone* y *packstone* con un contenido apreciable en intraclastos, bioclastos y ooides, y un aspecto tableado y noduloso. La potencia máxima que se ha reconocido es de unos 40 m en el Balneario de la Virgen y de unos 30 m en la Muela de Alhama.

El aspecto sedimentológico de la formación viene caracterizado por la presencia de secuencias métricas caliza-marga, arenisca-marga y, esporádicamente, caliza-arena-marga. El conjunto se interpreta como una llanura de mareas mixta, terrígeno-carbonatada, que progresivamente pasa a ambientes de plataforma interna carbonatada.

Un hecho significativo de importancia paleogeográfica y sedimentaria es el final de esta formación. Se encuentra constituido por una secuencia granocreciente que a techo presenta una costra ferruginosa desarrollada sobre un nivel de restos de rudistas (caprínidos). Esto implicaría una cierta discontinuidad con la formación inmediatamente superior (Formación Nuévalos).

El contenido fosilífero se presenta en los términos margosos y calizos. En los primeros es frecuente encontrar ostrácodos: *Cytherella paralela* REUSS; *Cytherella postnagulata* BABINOT; *Plathycytheris crassa* COLÍN, etc. En las calizas arenosas es frecuente encontrar restos de ostrácodos, ostreidos, gasterópodos, equínidos, así como algas y foraminíferos (miliólidos del género *Quinqueloculina sp.*). Todo este conjunto data esta formación como de edad Cenomaniense.

1.4.3. Formación Calizas dolomíticas de Nuévalos (10). Cenomaniense

Como ya se ha mencionado, esta unidad litoestratigráfica se apoya sobre la discontinuidad sedimentaria del techo de la formación anterior.

Litológicamente se encuentra constituida por calizas, calizas dolomíticas y dolomías en secuencias granulométricas del tipo *mudstone-wackestone* y *packstone-grainstone*. Todo el conjunto se encuentra bien estratificado, a veces con aspecto noduloso, y su espesor máximo en la zona está alrededor de los 30 m.

En el aspecto sedimentológico, se aprecian unos cuerpos con estructura interna a veces confusa y en otros con laminaciones algales, *ripples* de oscilación y de interferencia, abundante bioturbación y restos fósiles. Todo este conjunto se ordena en secuencias de somerización (*shallowing-upward*) con términos bioclásticos en la base y a éstos se superponen tapices algales y costras ferruginosas. Se interpreta como depósitos de llanura de mareas, submareal (bioclastos y bioturbación) e inter y supramareal (tapices algales y costras ferruginosas).

El contenido en fósiles es amplio en cuanto a cantidad de familias: ostreidos, ostrácodos, gasterópodos, equínidos, rudistas y foraminíferos de los géneros *Quinqueloculina sp.*; *Triloculina sp.*; *Pyrgo sp.* y *Massilina sp.* Toda esta asociación de fósiles le asigna una edad Cenomaniense s. l.

1.4.4. Formación Calizas nodulosas de Monterde (11). Cenomaniense superior-Turo-niense inferior

Esta formación, que descansa concordantemente sobre la anterior, se encuentra constituida litológicamente por calizas nodulosas que, al microscopio, corresponden a *wackestone* y *wacke-stone-packstone*. La formación se encuentra estratificada discontinua e irregularmente, y el espesor observado en la Hoja no sobrepasa los 30 m.

En el aspecto sedimentológico se hace constar la ausencia de estructuras internas. El conjunto se encuentra muy bioturbado. Se interpreta como un depósito de plataforma abierta con una buena circulación. Así, el paso de las unidades anteriores a ésta marca el punto álgido durante el Cenomaniense superior-Turoniense inferior, en lo que a marinidad se refiere. En este aspecto paleogeográfico cabe destacar la presencia de barras bioclásticas en el centro de la formación, concretamente en posiciones más septentrionales (Hoja, 408, Torrijo de la Cañada).

Esta formación es rica en fósiles, tales como ostreidos, gasterópodos, algas y briozoos, radiolarios y placas de equínidos. También son muy abundantes los ostrácodos y foraminíferos planctónicos que, al microscopio, se identifican como *Bardia gr. pseudoseptentrionalis* MERTENS; *Cytherella paralela* REUSS; *Cytherella aff. dordoniensis* DAMOTTE y *Hedbergella debrionensis* CARSEY; *Whiternela paradubia*; *Whiternella cf. baltica*, así como foraminíferos bentónicos con especies del tipo: *Ammobaculites subcretacea* CUSHMAN y ALESANDER, *Ammobaculites sf. irregulariformis* BARTENSTEIN-BRAND y otros.

En líneas generales, todo este contenido fosilífero denuncia la presencia del Cenomaniense-Turoniense inferior.

1.4.5. Formación Calizas bioclásticas de Jaraba (12). Turoniense

Esta formación descansa sobre la anterior en tránsito rápido y brusco y a nivel regional es observable un contacto ligeramente erosivo.

En líneas generales y, desde el punto de vista litológico, se encuentra constituida por calizas y dolomías muy recristalizadas y de aspecto masivo. No obstante, en el perfil del Balneario de la Virgen (Jaraba) se observan varias secuencias granocrecientes, que a su vez se agrupan en otras de mayor escala y cuyas características son las siguientes: Una secuencia inferior de 10 a 20 m, de dolomías con estratificación ondulada y/o nodulosa y con la presencia de encostramientos ferruginosos que marcan el límite de las secuencias menores. Una segunda secuencia de 15 a 20 m, constituida por dolomías de aspecto masivo, bioturbado. Por último, una secuencia superior de 15 m de espesor, constituida por varias sucesiones de calizas dolomíticas y dolomías.

La primera secuencia presenta una estratificación ondulada o nodulosa irregular, con bioclastos y miliólidos. La segunda presenta estratificaciones cruzadas, bioturbación, restos de algas, foraminíferos y fragmentos de rudistas. Y la superior también estratificaciones cruzadas, bioturbación y abundancia de restos fósiles (bivalvos, equínidos, foraminíferos y rudistas en posición de vida), *ripples* de oscilación y en el techo presencia de oolitos y niveles de encostramiento ferruginosos.

Las dos primeras secuencias se interpretan como depósitos submareales de acumulación, barras bioclásticas y/o oolíticas, que evolucionan hacia el techo a depósitos de *lagoon* protegidos por *patches* de rudistas representados en la secuencia superior.

La formación, y concretamente la secuencia superior, termina con una interrupción sedimentaria, que a nivel regional se caracteriza por la presencia de un *hard-ground* que abarca parte del Turoniense superior y Coniaciense inferior.

1.4.6. Formación Calizas dolomíticas del pantano de la Tranquera (13). Coniaciense-Santoniense inferior

Esta formación descansa sobre la discontinuidad sedimentaria con la que finaliza la formación anterior, mediante un contacto neto.

Esta se encuentra constituida por una sucesión de dolomías y brechas dolomíticas bien estratificadas en la base y masivas a techo. Aparecen niveles margosos finamente estratificados en la base. El espesor de la formación oscila en la Hoja entre los 50 y 60 m.

En el aspecto textural, el tramo basal se encuentra dominado por *wackestone* con intraclastos y miliólidos sobre un nivel brechoide con cantos negros. Por encima aparecen *wackestone* y *mudstone* bien estratificados y en el techo sólo se observan *mudstones* de algas con cantos negros y brechas de desecación. Todas estas facies se ordenan en secuencias de somerización con términos submareales en la base e intra y supramareales a techo.

En otro aspecto, dentro de estas secuencias son observables estructuras tales como: estratificación ondulada, laminaciones y bioturbación en la base y laminaciones algales, *ripples* de oscilación, porosidad fenestral y encostramientos. Estas características evidencian un proceso transgresivo que rápidamente evoluciona a depósitos de llanura mareal muy somera.

La carencia de fósiles característicos no contribuye a una buena datación. No obstante, por posición estratigráfica y siempre referida a las formaciones infra y suprayacentes, dan una edad Coniaciense-Santoniense basal.

1.4.7. Formación Calizas de Hontoria del Pinar (14). Santoniense

Esta formación se apoya concordante sobre la formación anterior y es reconocida como tal al Sur del Balneario de la Virgen (Jaraba).

Se encuentra constituida por calizas bioclásticas muy recristalizadas de tonalidades blancas y grises claras con un espesor aproximado de 40 m. Texturalmente varían de *mudstone* a *grainstone*, pasando por todos los términos intermedios. Se da el caso de aparición de términos *boundstone*, concretamente de rudistas.

Estos términos se ordenan en secuencias negativas granocrecientes *wackestone-packstone-grainstone*, con un aumento de la bioturbación a techo. Estas corresponden a secuencias de someriza-

ción (plataforma externa de baja energía en la base que pasan a plataformas internas de alta energía).

La formación presenta un contenido representativo en fósiles de los que sobresalen gasterópodos y especies de foraminíferos como: *Cuneolina cf. pavonia* D'ORBIGNY; *Spirocyclus hoffati*; *Quinqueloculina sp*; *Pyrgo sp*; *Textularia sp*. Esporádicamente hay niveles de *bafflestone* de rudistas. Todo el conjunto data la formación como Santoniense.

1.4.8. Formación Calizas de Burgo de Osma (15). Santoniense superior-Campaniense

Al igual que la formación anterior, sólo ha sido reconocida como tal al Sur del Baleario de la Virgen, en el valle del río Mesa, y es la que culmina el ciclo Cretácico en esta Hoja.

Se apoya en contacto concordante y neto sobre la anterior formación, y se encuentra representada por una sucesión litológica de calizas de tonos blancos y grises claros bien estratificadas y cuyo espesor reconocido es de 35 m.

En el aspecto textural esta formación se ordena en secuencias métricas (0,5-5 m) constituidas por *bafflestone* de rudistas en la base, *wackestone* en el tramo medio y *wackestone-mudstone* en la parte superior de cada secuencia.

Estas secuencias se interpretan como de somerización en *lagoon* protegido, que evoluciona desde medios submareales tranquilos y poco agitados (facies de rudistas y foraminíferos) a medios inter y supramareales (algas y porosidad fenestral).

El contenido fosilífero de esta formación lo constituye la existencia de rudistas, ostrácodos, placas de equínidos y algas, así como una riqueza considerable de foraminíferos como: *Lacazina elongata* NUNIER-CHALMAS; *Cuneolina cf. pavonia* D'ORBIGNY; *Quinqueloculina sp.*, *Rotalia sp*; *Textularia sp*, etc., que denuncia la presencia del Santoniense superior-Campaniense.

1.4.9. Compresivo de las Formaciones de Calizas de Hontoria del Pinar y Burgo de Osma (16). Santoniense-Campaniense

Esta unidad ha sido cartografiada en los afloramientos, que a modo de rosario, existen en el ángulo Suroccidental de la Hoja, y que continúan en la Hoja vecina de Arcos de Jalón (435).

Corresponde a un conjunto calco-dolomítico, plegado y algo tectonizado que da resaltes morfológicos, a modo de «cejos». Litológicamente presenta las mismas características que las descritas para las Formaciones de Calizas de Hontoria del Pinar y las calizas de Burgo de Osma. En conjunto se observa una sucesión de unos 100 m, aproximadamente, de alternancia de calizas blancas con abundantes microfósiles y calizas grises bioclásticas, así como dolomías intercaladas que dan fuerte resalte.

Dado que los afloramientos se encuentran cubiertos por derrubios y vegetación, no ha sido posible realizar ningún corte detallado. Esto ha llevado al estudio de muestras aisladas en la Hoja y fuera

de ella, que han dado como resultado una edad Santiense s. l. Si a esto añadimos su similitud de facies con las formaciones mencionadas, y su posición litoestratigráfica; al conjunto le asignamos una edad Santiense-Campaniense.

1.5. Terciario

En la Hoja de Alhama de Aragón (436), los materiales terciarios ocupan una gran extensión de afloramiento, prácticamente el 90 % del total. Se encuentran constituidos íntegramente por depósitos de origen continental y se desarrollan a partir de los relieves mesozoicos y paleozoicos próximos, constituyendo el borde meridional y oriental de la cuenca terciaria de Almazán. Están representados materiales del Paleógeno, y sobre todo del Neógeno, que ocupan el 95 % de los depósitos terciarios.

El análisis estratigráfico de los materiales terciarios de la cuenca de Almazán se ve obstaculizado por tres problemas básicos: Monotonía de facies (frecuentemente detríticas), escasez de registro fósil al que recurrir para asignar edades con criterios bioestratigráficos y falta de continuidad de afloramiento entre muchas de las unidades. Estos hechos condicionan los resultados de dicho análisis, puesto que se carece de criterios cartográficos y bioestratigráficos suficientemente fiables para correlacionar las unidades que se establecen en las diferentes áreas de la cuenca.

Sin embargo, debido al conocimiento que se posee de las unidades tectosedimentarias (UTS) de la fosa de Calatayud-Teruel y a su proximidad geográfica a la cuenca de Almazán, se puede suponer la simultaneidad de sucesos tectónicos y, por tanto, de los dispositivos sedimentarios correlativos a ellos; y se ha recurrido a la correlación de las unidades de la Cuenca de Almazán con las de la citada fosa, cuya evolución secuencial y temporal es mucho mejor conocida. Por otra parte se han tenido en cuenta las dataciones efectuadas en las facies «Páramo» que aportan datos cronoestratigráficos fiables. Otros yacimientos conocidos son el de Cetina (ARENAS *et al.*, 1.987) situado en la Hoja 436 (Alhama de Aragón) y el de Escobosa de Calatañazor, que se encuentra en la Hoja 378 (Quintana Redonda). En ambos casos no se tiene constancia de su verdadera situación y, para el yacimiento de Escobosa de Calatañazor, la bibliografía indica que se trata de un relleno situado en una fisura kárstica, por lo que la edad determinada no necesariamente debe coincidir con la de los materiales suprayacentes.

La correlación llevada a cabo con los criterios expuestos se ha aplicado a la totalidad de las Hojas que componen la cuenca, y, en consecuencia, las atribuciones de los materiales a las distintas UTS pueden aparentemente no tener justificación si sólo se considera una Hoja.

Las UTS identificadas y sus edades respectivas son:

- UTST₁: Paleoceno (su base puede pertenecer al Cretácico terminal) (Maastrichtiense).
- UTST₂: Paleoceno-Oligoceno inferior.
- UTST₃: Oligoceno (Sueviense-Arverniense).
- UTST₄: Oligoceno-Mioceno inferior (Arverniense-Ageniense).

- UTST₅ y T₆: Mioceno medio (Ageniense-Aragoniense). Están constituidas por dos hem Ciclos cuya separación no es siempre clara. En algunas Hojas de la cuenca de Almazán se representa como una sola unidad y en otras se diferencian.
- UTST₇: No se ha identificado con claridad, aunque probablemente corresponde a los materiales basales de la Facies «Páramo inferior».
- UTST₈: Mioceno superior-Plioceno (Tuoliense-Rusciniense). Corresponde a la unidad cuyas facies terminales constituyen el Páramo inferior o Páramo 1.
- UTST₉: Plioceno. Comprende los materiales que componen la secuencia del Páramo superior o Páramo 2.

También se han tenido en cuenta los trabajos de CASTELL y DE LA CONCHA (1.956 y 1.959), SÁNCHEZ DE LA TORRE (1.963 y 1.974), IGME (1.981), MELÉNDEZ *et al.* (1.982), así como los trabajos realizados recientemente por la Excm. Diputación de Zaragoza (Memoria de la Hoja, 436, 1.987) *in lit.*, y los datos inéditos de LENDINEZ, A., sobre la cuenca de Almazán (Hojas de Arcos de Jalón 435 y Alhama de Aragón 436). Por otro lado se ha considerado de forma especial el trabajo de FERREIRO, E., y RUIZ, V. (Hoja número 40 Daroca. 1:200.000 IGME 1.986) *in lit.*, que estudian y analizan las cuencas terciarias de Calatayud-Teruel. Aliaga, etc., muy próximas a la que nos ocupa y en las que se siguen los criterios de GARRIDO MEGÍAS (1.982) referentes al análisis tectosedimentario ya mencionado.

En líneas generales, el Terciario de la Hoja se presenta con una acusada homogeneidad litológica y con una evolución geomorfológica notable que da lugar a una intensa regularización de vertientes en zonas próximas a los relieves mesozoicos. Todo ello hace difícil una cartografía detallada, así como un análisis litoestratigráfico global que se facilita al recurrir a elementos de carácter sedimentológico, que permiten una división aproximada de este Sistema, y más concretamente del Neógeno.

1.5.1. Paleógeno

Como tal se han cartografiado dos unidades que aparecen en la parte oriental de la Hoja, adosadas a las Formaciones Mesozoicas. Concretamente al Norte de la localidad de Cetina, en el pueblo de Alhama de Aragón, otro al Sur de la localidad de Godojos y, por último, un pequeño afloramiento en Jaraba, junto al Balneario de la Virgen, son los afloramientos que se han podido representar. Todos ellos con marcadas diferencias litológicas entre sí.

Afloran a modo de ojales, fuertemente deformados y discordantes sobre distintas formaciones del Cretácico superior. Corresponden, en líneas generales, a la prolongación hacia el SE de una unidad muy potente que aflora en la Hoja de Torrijo de la Cañada (408).

1.5.1.1. *Margas, margocalizas, calizas, arcillas, areniscas y conglomerados (17). Paleoceno*

Se ha considerado esta unidad, fundamentalmente heterolítica, a los afloramientos al Norte de la localidad de Cetina (margas, margocalizas, arcillas y areniscas) y a los de Alhama de Aragón y Jaraba (conglomerados). Todos ellos se encuentran bastante enmascarados por los depósitos del Neógeno y del Cuaternario (glacis).

Desde el punto de vista litológico, el título del apartado recoge de forma adecuada los principales materiales constituyentes. En concreto, los afloramientos más meridionales de la Hoja se encuentran formados por materiales lutíticos, de tonos anaranjados, y areniscas rojizas de grano fino y de matriz carbonática. Son frecuentes los niveles de margocalizas y calizas de tonos blancos, así como horizontes delgados de lignitos y arcillas carbonosas.

Respecto a los afloramientos más septentrionales, su naturaleza es predominantemente conglomerática de cantos calizos (cretácicos) y de tonos grises, con centilos por encima de 40 cm en su eje mayor (Alhama de Aragón).

En lo que se refiere al análisis sedimentológico, hay que referirse a cortes estudiados en la Hoja de Torrijo de la Cañada (408) y Borobia (380), en los que se ha realizado un estudio más detallado. Sin embargo, dentro de la Hoja la unidad se interpreta como depositada en una llanura lutítica, surcada por canales de pequeña entidad, lo que implica una mayor lejanía respecto a afloramientos más septentrionales fuera de la Hoja y de carácter más proximal.

En lo que compete a los afloramientos conglomeráticos éstos representan depósitos proximales de abanico aluvial, cuya área fuente se sitúan en los relieves calcáreos del Cretácico superior.

En cuanto al contenido fosilífero, no se han detectado géneros que definan con claridad una edad concreta, aunque ARENAS *et al.* (1.987), citan una larga serie de especies de gasterópodos, caráceas, ostrácodos y mamíferos, así como dientes de reptiles que sitúan al techo de la unidad en el Ageniense. Sin embargo, y siguiendo los criterios litoestratigráficos y cartográficos en la vecina Hoja de Torrijo de la Cañada (408), esta unidad la hemos considerado cronoestratigráficamente en el Paleoceno.

1.5.1.2. *Conglomerados, areniscas y arcillas rojas (18). Paleoceno-Mioceno inferior*

Al Sur de la localidad de Godojos, apoyada en clara discordancia sobre el Cretácico superior (Formación Jaraba) y plegada, bajo los depósitos inferiores del Neógeno en Facies Conglomeráticas, existe una unidad detrítica de tonos rojizos y marrones constituida por alternancias de niveles de conglomerados poligénicos (cuarcitas, areniscas y calizas), areniscas de grano medio a fino y arcillas rojizas-marrones con nódulos carbonatados a techo y cuyo espesor aproximado es de 30 m.

En el aspecto sedimentológico se aprecian secuencias de abandono de canal con bases erosivas y barras de gravas, estratificaciones en surco en las areniscas, y *ripples* de corriente, así como lutitas a techo que presentan encostramientos calcáreos en la parte superior. Todo el conjunto se interpreta como pequeños surcos *braided* correspondientes a facies medias-distales de abanico aluvial.

En el aspecto paleontológico, la información recogida es nula, por lo que basándose en criterios litoestratigráficos y de similitud de facies con otras hojas vecinas, se le ha asignado una edad comprendida entre el Paleoceno y el Mioceno inferior.

1.5.2. Neógeno

Este subsistema representa la práctica totalidad del Terciario en la Hoja, y es el que con mayor profusión ha sido estudiado y analizado. No obstante, la dificultad existente en el análisis, debida a que sus depósitos son fácilmente erosionados y evolucionan físicamente a relieves regularizados por el Cuaternario, conlleva a la falta de cortes completos, por lo que el estudio estratigráfico se fundamenta en cortes parciales.

Por otro lado, la práctica horizontalidad de sus depósitos nos lleva a considerar en el aspecto cartográfico la cota de los mismos teniendo un mejor control en los cambios sedimentológicos y, por consiguiente, de facies, sobre todo en la parte central de la Hoja.

Se han diferenciado seis unidades litoestratigráficas cuyas edades se encuentran comprendidas entre el Mioceno inferior y el Plioceno.

1.5.2.1. Conglomerados y arcillas (19). Mioceno inferior-medio

Esta unidad que comprende la práctica totalidad del Mioceno es observable al pie de los relieves mesozoicos de la Hoja, tanto en el Sur como en el Este de la misma.

En los cortes llevados a cabo se ha observado, entre las localidades de Jaraba e Ibdes (Hoja de Ateca, 437), que es una unidad que se apoya discordante sobre el resto de las formaciones infrayacentes. Litológicamente se encuentra constituida por conglomerados grises y anaranjados de clastos calcáreos (90 %) y de naturaleza silíceo (10 %), aunque en la parte más occidental de la Hoja el contenido grueso es, en su totalidad, de naturaleza calcárea y su matriz arcillosa. En ambas zonas, y a medida que nos aproximamos al zócalo mesozoico, los clastos son angulosos y heterométricos, llegándose a medir bloques de hasta 1,5 m. La potencia medida en esta unidad alcanza los 120 m en la zona próxima a Jaraba.

En el aspecto sedimentológico, dos son las áreas en las que se aprecia, al menos, una diferencia en el tipo de depósito y en su área fuente. La primera de ellas, la situada en el ángulo suroriental de la Hoja (sector de Jaraba) y, la segunda, la que aparece representada en los límites meridional (Sector Alconchel de Ariza) y oriental (Sector Alhama-Godojos), este último dispuesto como una estrecha banda adosada a los materiales mesozoicos. En la primera de ellas, la unidad se constituye a partir de cuerpos de geometría tabular y canaliforme en bancos gruesos de 1 a 3 m y hasta 5 m. En la base es frecuente encontrar depósitos tipo *debris flow* (SE de Jaraba). También es frecuente observar barras de cantos y flujos de grano, así como areniscas asociadas de grano grueso con estratificación cruzada en surco y planar. Respecto a las arcillas, su estructura más significativa es su masificación y los cuerpos adquieren una potencia considerable, sobre todo en la parte superior de la unidad.

Todo el conjunto se interpreta como depósitos proximales de abanico aluvial, dadas sus características texturales, reúnen condiciones para considerar la base de estos depósitos, como dejados en la zona apical del abanico. Su área fuente corresponde a materiales del Mesozoico y Paleozoico.

Respecto a la segunda área (Sectores Alconchel de Ariza y Alhama-Godojos), los conglomerados son masivos con textura granosostenida y de corto desarrollo lateral, que pasan rápidamente a depósitos de llanura lutítica con canales efímeros de naturaleza arenosa. Se interpreta esta unidad como coalescencia de abanicos aluviales de escaso desarrollo longitudinal (sector de Alhama-Godojos), y algo más desarrollados en el sector de Alconchel de Ariza, así como en la vecina Hoja de Arcos de Jalón (435).

El contenido paleontológico de la unidad es nulo, por lo que su datación se fundamenta en criterios estructurales y cartográficos. Es por ello que se le ha asignado una edad Mioceno inferior-medio.

1.5.2.2. Arcillas, areniscas y conglomerados (20). Mioceno inferior

Esta unidad, que se extiende por la zona central y septentrional de la Hoja (Sector Cetina-Ariza), corresponde al tránsito lateral de la parte inferior de la unidad conglomerática anterior.

Su base no es posible de reconocer, pero su techo se sitúa en un cambio granulométrico importante que se sitúa alrededor de la cota 780 y que sirve de horizonte cartográfico entre ésta y la unidad superior (21), y que se interpreta como un cambio secuencial notable.

Litológicamente, esta unidad se organiza en tramos constituidos por conglomerados y areniscas en la base, de tonos grises y rosados y de cantos silíceos, bien redondeados con centilo entre 8 y 12 cm. Presentan una matriz predominantemente arenosa, de la misma tonalidad. Las arcillas, abundantes en esta unidad, se desarrollan en la parte superior de los tramos, adquiriendo espesores considerables a veces superiores a los 15 m. En el techo de los tramos es frecuente la aparición de carbonatos con alto contenido en arena, y que son más abundantes en la Hoja vecina de Arcos de Jalón (435).

En el aspecto sedimentológico se observa que se disponen en secuencias positivas con bases conglomeráticas y/o arenosas. Se presentan con geometría canaliforme, en bancos de 1 a 4 m. En las areniscas asociadas a éstos se observan estratificaciones cruzadas, bases erosivas con *lag* de cantos. Los finos de techo son de naturaleza limo-arcillosa y masivos.

Esta unidad se interpreta dentro del contexto de abanico aluvial a los que correspondería su parte más distal y representada por una llanura lutítica, con frecuentes encharcamientos, que a su vez es surcada por numerosos canales de diversa entidad.

En el aspecto paleontológico nos hemos de remitir al trabajo reciente de ARENAS, C. *et al.* (1.987) y en el que señalan presencia de fósiles en los términos carbonatados *Lymnaea sp.*, tallos de *Caráceas*, *Stephanochara sp.*, *Sphaerochara aff. himeri*, así como restos inclasificables de vertebrados y polen. Esta asociación de restos fósiles indica una edad Mioceno inferior.

1.5.2.3. Conglomerados, areniscas y arcillas con carbonatos (21). Mioceno inferior-medio

Esta unidad, que ocupa la parte central y occidental de la Hoja, se apoya sobre la unidad inferior, mediante un cambio granulométrico brusco, visible a lo largo del sector comprendido entre Cetina y Santa María de Huerta y que se sitúa alrededor de la cota 780.

Es la de mayor extensión dentro de la Hoja y no presenta buenas condiciones de afloramiento, debido en gran medida a la evolución morfológica que presenta en superficie. Destaca, por su relieve de escarpe, la parte basal de naturaleza conglomerática.

En el aspecto litológico es muy similar a la anterior, salvo que la unidad se inicia con un tramo conglomerático de color rojizo de cantos cuarcíticos (70 %) y calcáreos (30 %) muy redondeados y de matriz arenosa, cuyo espesor puede alcanzar hasta los 5 m (carretera de Ariza a Cabolafuente).

Lateralmente en la Hoja, este tramo conglomerático pasa al dominio arenoso de color anaranjado y de granulometría gruesa a fina y con espesores muy similares al tramo inferior. Sobre este conjunto grosero aparece un tramo eminentemente arcilloso (hasta 30 m) que intercala niveles arenosos de granulometría fina con pequeños *lag* de cantos cuarcíticos, que hacia el Oeste se hacen tabulares y de gran extensión lateral (*sheet-flood*). El techo de la unidad, que no es visible en la Hoja, y que sí lo es en las vecinas de Arcos de Jalón (435) y de Torrijo de la Cañada (408), lo constituye un conjunto carbonatado formado por calizas, margocalizas y arcillas calcáreas, que pasan lateralmente a arcillas yesíferas.

Desde el punto de vista sedimentológico, esta unidad supone una reactivación en el sistema deposicional neógeno, que viene marcado por la ruptura sedimentaria de base y que supone un salto en la evolución secuencial de la zona y, concretamente, de la Hoja. El límite superior supone nuevamente otra ruptura de idénticas características y visible en la Hoja de Arcos de Jalón (435).

Por otra parte, la zona central y oriental se encuentra dominada por canales tipo *braided*, con bases erosivas y barras de cantos, que lateralmente pasan a areniscas con estratificación cruzada en surco y/o planar. Éstos terminan con un fuerte desarrollo de depósitos limo-arcillosos correspondientes a extensas llanuras de inundación, en las que se aprecian encharcamientos.

Hacia la zona occidental, estos canales pasan a régimen de sinuosidad más o menos acusada, con cuerpos arenosos, muy bioturbados que presentan acreción lateral y tapones arcillosos (*clay-plug*), todo ello visible en los alrededores de Santa María de Huerta.

El conjunto de la unidad se interpreta como desarrollada en régimen de abanico aluvial en facies medias y distales (llanuras aluviales con cursos meandriformes).

El contenido fosilífero de la unidad es escaso o casi nulo, y el reconocido no tiene valor cronoestratigráfico. No obstante, por posición litoestratigráfica, se le ha asignado una edad Mioceno inferior medio.

1.5.2.4. *Conglomerados calcáreos (22). Mioceno medio-Plioceno*

Se ha cartografiado esta unidad en el borde meridional de la Hoja. Se apoya discordante sobre el resto de las unidades infrayacentes.

Se trata de un solo abanico aluvial constituido por conglomerados calcáreos, muy rodados y con centilos entre 20 y 30 cm. Alternan con arcillas ocres y/o marrones. El conjunto se encuentra muy erosionado y transformado superficialmente, con lo que dificulta el análisis estratigráfico detallado.

Desde el punto de vista sedimentológico sólo podemos decir que corresponden a facies más o menos proximales de abanico aluvial y cuya área fuente son los relieves mesozoicos sitos en la vecina Hoja de Milmarcos (463).

La edad que atribuimos a esta unidad es la de Mioceno medio-Plioceno, en base a su posición estratigráfica.

1.5.2.5. *Arcillas con cantos cuarcíticos (23). Mioceno superior-Plioceno*

Aparece esta unidad en el ángulo SE de la Hoja y también en la Hoja de Torrijo de la Cañada (408) con mayor desarrollo.

Se apoya en discordancia erosiva sobre distintas formaciones que van desde el Mesozoico al Neógeno, y está constituida por arcillas rojas-marrones con intercalaciones de conglomerados cuarcíticos, subredondeados, de 10 cm de centilo y de tonalidades gris-rojizas. Las arcillas se disponen en niveles masivos tabulares de hasta 10 m de espesor, mientras que los conglomerados en lechos canaliformes de hasta 1 m de espesor sin estructura interna, y en ocasiones con imbricación de cantos.

La potencia visible de la unidad en esta Hoja es superior a los 50 m. En otras áreas el espesor es mayor (120 m en la Hoja de Torrijo de la Cañada).

En el aspecto sedimentológico este tipo de depósito pertenece a facies de abanico aluvial medio, cuya área fuente es netamente paleozoica. Sus flujos son densos y clasto-soportados (*mud-flood*) en la base y algo más organizadas en el techo de la unidad.

El contenido paleontológico es nulo y su cronoestratigrafía viene en función de su posición relativa con las unidades infra y suprayacentes, dentro y fuera de la Hoja. En la Hoja de Torrijo de la Cañada (408), esta unidad se presenta erosionando y discordante por encima de los términos más altos de Mioceno, al igual que abre pasillo sobre unidades más inferiores (cretácicas y paleógenas). Por todo esto, y por la similitud con la «Unidad Rojo 2» de IGME (1.986) en la Fosa de Calatayud-Teruel, se le asigna una edad Mioceno superior-Plioceno.

1.5.2.6. Calizas y margocalizas (24). Plioceno

Corresponde esta unidad a depósitos carbonáticos más o menos aislados que aparecen sobre la unidad anterior y que se sitúan en el cuadrante Suroriental de la Hoja.

En el aspecto litológico se encuentran constituidas por calizas grises y blancas y margocalizas blancas, que corresponden texturalmente a *mudstone* detríticos. Su espesor puede alcanzar hasta 10 m.

Sedimentológicamente corresponden a carbonatos lacustres depositados en zonas de interabánicos, o colaterales a éstos, y dadas su situación paleogeográfica, presentan una escasa extensión.

En cuanto a la asignación cronoestratigráfica, sólo se puede contar con su posición respecto a las formaciones infrayacentes, ya que su contenido fosilífero no es determinante, aunque sí característico de este tipo de depósitos: gasterópodos y bivalvos. Por ello, le hemos asignado una edad Plioceno, fundamentándonos, además, en correlaciones geomorfológicas con otros niveles más alejados.

1.6. CUATERNARIO

Los materiales atribuidos al Cuaternario están ampliamente repartidos a lo largo y ancho de la Hoja, y de ellos se han diferenciado cinco tipos de depósitos.

1.6.1. Conglomerados calcáreos, Glacis (25)

Se han representado en este apartado todos aquellos depósitos que manifiestan una morfología de glacis, y que afloran en las proximidades de los relieves mesozoicos y terciarios, preferentemente en los ángulos NE y SO de la Hoja.

Desde el punto de vista litológico, están formados por gravas de cantos subangulosos a subredondeados de caliza y ocasionalmente de arenisca, así como también de cuarcita, esta última heredada de los relieves terciarios. La matriz es fundamentalmente limo-arcillosa de color marrón-rojiza.

Estos depósitos presentan estructuras sedimentarias, tales como estratificaciones cruzadas, laminaciones y encostramiento en el techo.

Respecto a la edad, se ha considerado como Cuaternario s. l., ya que se detecta una unión (enlace) con las distintas terrazas dejadas por la red fluvial actual (ríos Jalón, Nágima y Henar).

1.6.2. Gravas poligénicas. Terrazas (26)

Se incluyen en este apartado, los depósitos de terrazas, que de forma discontinua aparecen a lo largo de las arterias fluviales más importantes de la Hoja. Éstas son los ríos Jalón y Nágima

principalmente, aunque con escasa importancia también aparecen en algunos tributarios de éstos.

Desde el punto de vista litológico, suelen encontrarse depósitos de gravas poligénicas (caliza, arenisca, cuarcita, dolomía, etc.) englobadas en una matriz arcillo-limosa parda. A techo suelen aparecer depósitos limosos, que difícilmente son reconocibles por estar removidos por la acción antrópica.

En los depósitos subyacentes a estos limos son frecuentes estructuras típicas del proceso fluvial, como estratificaciones cruzadas en surco y planares, laminaciones e imbricación de cantos. También se han observado barras de cantos en las terrazas más elevadas topográficamente.

Con respecto a la edad de estos depósitos, se les ha considerado, al igual que los del apartado anterior, como depósitos de edad Cuaternaria, ya que aunque en principio los distintos niveles reconocidos (hasta cuatro) sean parte de ellos de edad Pleistocena, no es menos significativo que las terrazas bajas sean de edad Holocena.

1.6.3. **Tobas calcáreas (27)**

Como tales se han cartografiado una serie de depósitos tobáceos, que aparecen principalmente en la margen izquierda del río Mesa, entre Jaraba e Ibdes (Hoja de Ateca, 437).

Constituyen depósitos de gran desarrollo vertical, hasta 8 m de potencia, y desde el punto de vista litológico presenta una variedad importante. Suelen ser acumulaciones carbonáticas, de tonos grisáceos-blancos, de troncos, tallos, algas y restos de fósiles (gasterópodos), así como también depósitos limosos blancos y gravas calcáreas, cementadas, a veces, y con pátina de caliche.

Es muy probable que estos depósitos sean de edad Pleistocena, ya que GLADFELTER (1.971), en zonas próximas, considera a éstos de edad Würm. Sin embargo, al no tener dataciones precisas, consideramos una edad Cuaternaria s. l.

1.6.4. **Limos y gravas. Conos de deyección (28)**

Se han representado como conos de deyección a aquellos depósitos que, de forma esporádica, aparecen en las desembocaduras de algunos tributarios del río Jalón.

Se trata, en el aspecto litológico, de materiales poco cementados de gravas poligénicas procedentes de la dismantelación de los relieves terciarios, y englobadas dentro de una matriz limosa parda. También son frecuentes extensiones reducidas de limos masivos.

Es del todo probable que la edad de estos depósitos sea la misma que la que corresponde a la llanura de inundación actual. Sin embargo, dado que pudiera haber depósitos similares subyacentes y, por consiguiente, más antiguos, la edad atribuida es de Cuaternario, s. l.

1.6.5. **Limos y gravas. Llanura aluvial (29)**

Se incluyen en este apartado todos los sedimentos de origen aluvial que aparecen repartidos a lo largo de toda la red fluvial que conforma la Hoja.

En general, obedecen a depósitos de llanura de inundación con espesores entre los 5 y 8 m, estos últimos reconocidos en el río Nágima.

2. **TECTÓNICA**

2.1. **CICLO HERCÍNICO**

2.1.1. **Introducción**

Los materiales paleozoicos existentes en la Hoja de Alhama de Aragón forman parte de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica, que junto con la Rama Aragonesa delimitan geográficamente la Fosa de Calatayud. Asimismo corresponden con la prolongación hacia el SE de la zona Astur-Occidental Leonesa del Macizo Hespérico (JULIVERT *et al.* 1.972).

Estos sedimentos del zócalo se han visto afectados por una primera fase de deformación hercínica que da lugar a las estructuras visibles, tanto a nivel puntual como a gran escala. Los pliegues existentes tienen una dirección general ONO-ESE y una vergencia hacia el NE. Hay que destacar la existencia de una esquistosidad de plano axial asociada a dichas estructuras, muy bien desarrollada en todo el área del estudio.

La segunda fase se encuentra representada por cabalgamientos y fracturas inversas de dirección NO-SE que cortan ligeramente a las estructuras de primera fase y que están bien desarrolladas a escala regional dentro de la Cordillera Ibérica (CAPOTE *et al.*, 1.982; CAPOTE y GONZÁLEZ LODERO, 1.983, Y TEJERO, 1.987).

Por último, tienen lugar diversas deformaciones tardías que originan a nivel puntual pliegues métricos de amplio radio con dirección de traza axial N 50-70° E, crenulaciones con igual dirección y a nivel general intensa fracturación con direcciones preferentes N 20-70° E y N 100-140° E.

2.1.2. **Primera fase de deformación**

Los sedimentos de zócalo existentes han sufrido una primera fase de deformación hercínica, que es la que ha dado lugar a estructuras muy marcadas en toda la región, mediante pliegues que llevan asociados una esquistosidad de plano axial.

Macroestructuras

Los afloramientos paleozoicos existentes en la Hoja corresponden a sedimentos datados como

Ordovícico y que se encuentran situados en el flanco Sur de una estructura anticlinal cuya traza axial lleva una dirección ONO-ESE, que se sitúa en las proximidades de la localidad de Torrijo de la Cañada (Hoja Torrijo de la Cañada 408).

Los materiales del núcleo corresponden a la Formación Cuarcitas de Bambola, de edad Cámbrico superior, que juntamente con los distintos tramos cartográficos de igual edad y los del Ordovícico se ven fracturados y/o cabalgados a lo largo de lo que correspondería ser el flanco Sur de dicha estructura.

A lo largo de toda la banda paleozoica hacia el NO, que corresponde con la terminación Noroccidental de la Rama Castellana, la serie se dispone monocionalmente con buzamiento hacia el Sur con pequeños pliegues métricos a nivel puntual.

Pliegues menores

La mayoría de los pliegues menores observados corresponden a la primera fase de deformación hercínica.

Los mejores ejemplos aparecen en los taludes de la CN II entre los p. k. 210 y 211, en donde se han tomado las medidas de las charnelas representadas en la figura número 3. Como se puede observar, la dirección de las trazas axiales varía entre N 110-140° E y un *plunge* comprendido entre 4 y 25° buzando al N o S.

Los pliegues tienen una geometría que varía en función de la litología alternante (cuarcita-pizarra), que originan pliegues concéntricos abiertos o cerrados que, en general, aparecen asimétricos con vergencia al E y planos axiales buzando al O. Estos pliegues corresponden al tipo 1 de RAMSAY (1.977).

Los niveles cuarcíticos presentan pliegues isopacos del tipo 1B de RAMSAY (1.977), en tanto que los existentes en pizarras tienden a ser cerrados a isoclinales con las charnelas más agudas y que se tipificarían dentro de los pliegues similares (tipo 2 de RAMSAY, 1.977).

Esquistosidad

La primera fase de deformación origina a nivel regional una esquistosidad S1 que es subparalela al plano axial de los pliegues producidos por dicha fase, y que en general se encuentra bien desarrollada en todo el área.

Esta esquistosidad S1 es muy penetrante a nivel de afloramiento y corresponde a una esquistosidad de flujo (*slaty cleavage*) en las capas pelíticas y a una esquistosidad de fractura en los niveles cuarcíticos y areniscosos. Por ello es frecuente ver ejemplos de clara refracción entre distintas litologías y en toda la columna estratigráfica establecida para los materiales paleozoicos de la Hoja.

Al microscopio se observa una orientación de los filosilicatos en las muestras pelíticas, en tanto que para las rocas de grano grueso lo más frecuente es que sólo aparezca una ligera orientación

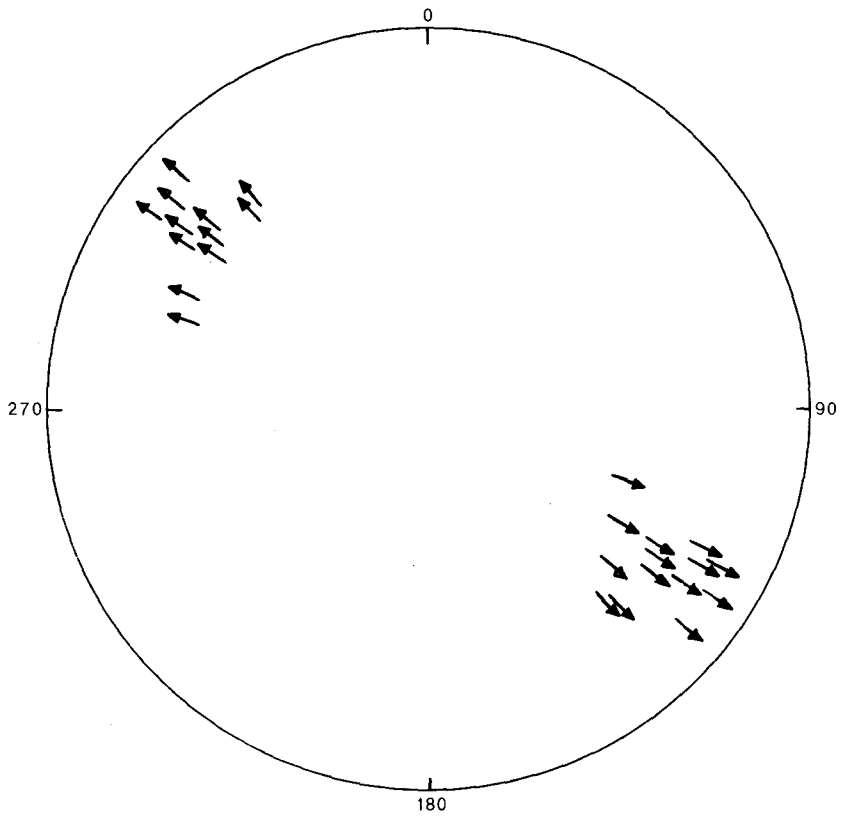


Fig.- 4 Representación estereográfica de ejes de pliegues menores de fase A I

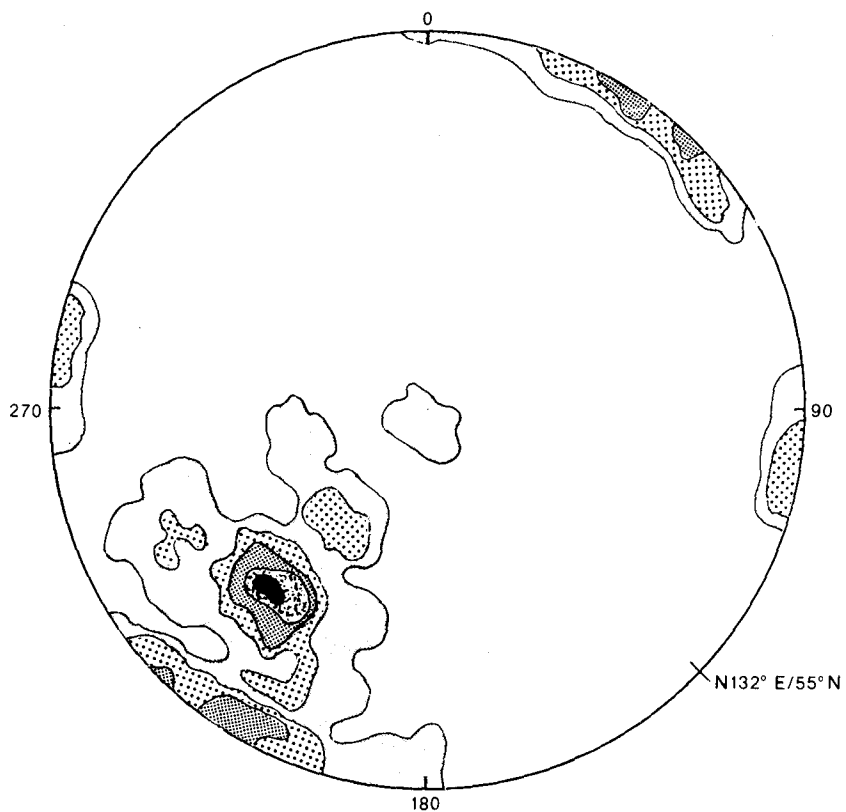
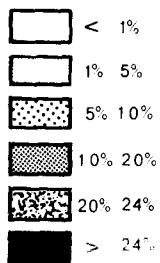


Fig.- 5 Proyección de polos de la esquistosidad primaria S_1 .
Falsilla de Schmidt (Hemisferio Inferior)

LEYENDA



o algún grano deformado.

En la figura número 5 queda reflejada la proyección Polar de los planos de esquistosidad S1 (Falsilla de Schmidt. Hemisferio inferior), medidos en este área, que indica la existencia de un máximo de dirección N 160° E con buzamiento de 85° S.

Lineaciones

La intersección de los planos de estratificación S0 y de esquistosidad S1 origina una lineación L1 que es paralela a los ejes de los pliegues de la primera fase de deformación.

Sobre una falsilla de Schmidt figura 6 (Hemisferio inferior) se han representado los polos de las lineaciones medidas, obteniéndose un máximo de dirección N 152° E con buzamiento de 5° S.

La cantidad de buzamiento de este máximo es coherente con la regional de los sedimentos paleozoicos, ya que la primera fase hercínica está plegando a materiales sin deformación previa, por lo que los pliegues tienden a la subhorizontalidad. A nivel puntual, y debido a deformaciones posteriores, sus buzamientos alcanzan valores superiores, pero que en esta zona no superan los 30°.

2.1.3. Segunda fase de deformación

En el Macizo Ibérico la segunda fase de deformación se caracteriza por la existencia de cabalgamientos que llevan asociados pliegues con esquistosidad de plano axial y también bandas de cizalla.

En esta Hoja la superficie paleozoica no presenta los cabalgamientos que caracterizan a esta fase, pero éstos se pueden observar en las limítrofes al N y NE por donde discurre la banda que limita la Rama Suroccidental de la Fosa de Calatayud. La dirección general de éstos es ONO-ESE cortando oblicuamente a las trazas de la primera fase a favor de las zonas de charnela. Al O de la localidad de Torrijo de la Cañada (Hoja 408) se pueden ver distintos cabalgamientos y fallas inversas que repiten o eliminan parte de los sedimentos del Cámbrico superior allí existentes (Formaciones: Embid, Ribota y Huermeda).

También en esta misma zona se han localizado pequeñas cizallas cuyos «sigmoidales» indican con claridad el sentido, hacia el N, del movimiento de dichos cabalgamientos. Asociado a los frentes, aparecen pliegues métricos y decamétricos con el flanco N invertido, vergentes al N y buzamiento de plano axial del orden de los 30° S (O de Villalengua en la Hoja 409, Calatayud y SO de Torrijo de la Cañada en la Hoja 408 Torrijo de la Cañada).

2.1.4. Deformaciones tardías

En las deformaciones tardías incluimos los pliegues y fallas tardihercínicas que se observan en la zona.

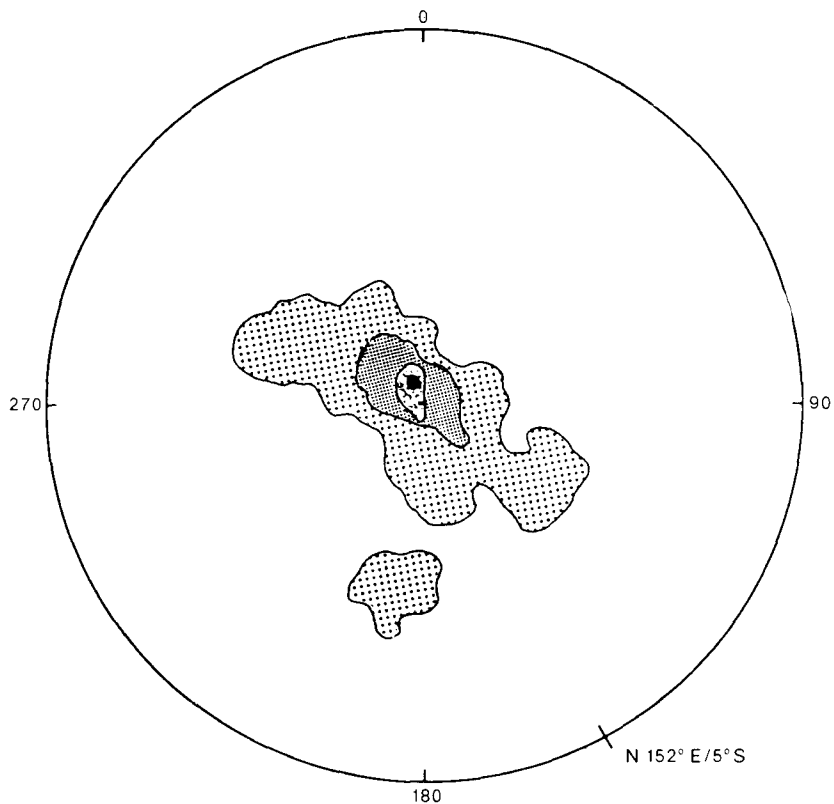
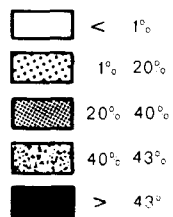


Fig - 6 Proyección polar de las lineaciones de intersección L_1
Falsilla de Schmidt (Hemisterio Inferior)

LEYENDA



Pliegues

Con posterioridad a los cabalgamientos de fase 2 se localizan a nivel puntual pequeños pliegues métricos que deforman ligeramente a las estructuras de fase 1, dando lugar a interferencias de tipo 1 de Ramsay (1.977). Estos pliegues son asimétricos y/o simétricos muy abiertos, y en algunos puntos lleva débil esquistosidad de crenulación asociada. Sus planos axiales son subverticales y las charnelas horizontales o con ligeras inmersiones.

En la Hoja que nos ocupa no se han localizado pliegues de este tipo, pero se ha comprobado su existencia en la de Torrijo de la Cañada a 1,5 km al SE y 2 km al SO de dicha localidad en las formaciones de Bambola y Embid, respectivamente. También se observan, tanto aquí como en la región, *kink-band* centimétricos que repliegan, con igual dirección que los pliegues métricos, a los de fase 1. Los planos axiales son subverticales y el *plunge* de la traza axial es del orden de los 70-80° N o S.

Tanto en campo como en algunas láminas delgadas se observa en niveles pelíticos y pelítico-arenosos una ligera esquistosidad de crenulación que lleva una dirección general NE-SO y que suponemos está relacionada con la formación de los pliegues tardíos antes mencionados.

Fallas tardihercínicas

Como parte de la deformación, se localizan diversos sistemas de fracturas que se encuentran incluidas dentro del ámbito regional y que pertenecen a los últimos episodios de la Orogenia Hercínica.

En la figura número 7 se han representado los diferentes sistemas obtenidos con medidas de campo en fallas de pequeño salto y que quedan incluidas dentro de la banda paleozoica de dirección ONO-ESE (Borobia-Torrijo de la Cañada-Alhama de Aragón). En dicho gráfico se aprecian direcciones preferentes N 20-70° E y N 110-140° E.

El sistema N 20-70° E agrupa dos máximos de direcciones N 20-30° E y N 60-70° E y corresponden a fallas de desgarre sinistras, y que representan el 44 % de las medidas totales realizadas.

Para el sistema N 110-140° E con un porcentaje de un 30 % sobre el total, se observa un máximo en la dirección N 110-120° E. Corresponden al sistema conjugado con el anterior y su movimiento originario es de fallas de desgarre dexas.

La presencia de diques de cuarzo, y ocasionalmente de barita, nos indican que estas fracturas tienen una edad tardihercínica. Con posterioridad la Orogenia Alpina reactiva dichas fallas y origina movimientos normales o inversos en la vertical, como se puede observar en las estrías existentes en sus planos de falla.

También los cabalgamientos producidos por la fase 2 de deformación hercínica se reactivan y cabalgan sobre los materiales mesozoicos y éstos a su vez sobre terciarios (Hoja 408. Torrijo de la Cañada).

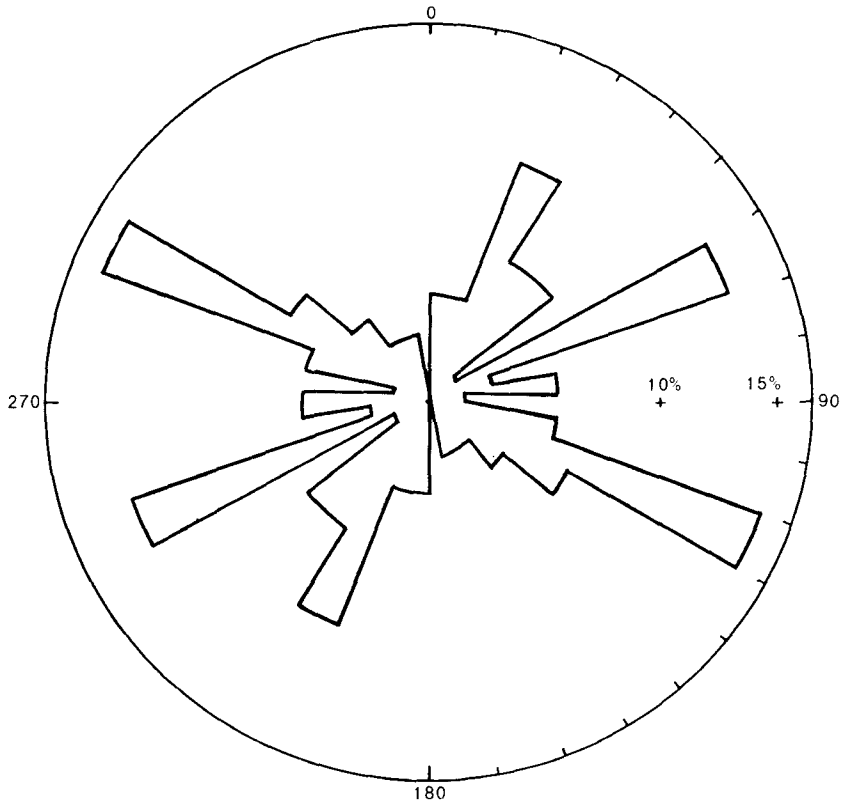


Fig- 7 Representación gráfica de los distintos sistemas de fracturas

2.2. CICLO ALPINO

2.2.1. Descripción Macroestructural

La casi totalidad de la Hoja de Alhama de Aragón se encuentra ocupada por los depósitos terciarios que rellenan la cuenca de Almazán, los cuales muestran escasas deformaciones. Sólo en sus ángulos NE (sector de Alhama), SE (sector de Jaraba) afloran materiales más antiguos y marcadamente deformados; éstos pertenecen, en ambos casos, al dominio de la Cordillera Ibérica, si bien presentan directrices estructurales sensiblemente distintas entre sí. Se consideran, por tanto, en la Hoja, tres sectores diferenciados desde el punto de vista macroestructural: sector de Alhama de Aragón, sector de Jaraba y cuenca terciaria:

Sector de Alhama de Aragón

En discordancia sobre el zócalo paleozoico, plegado ya intensamente durante la orogénesis hercínica, se dispone el tegumento de Trías inferior y medio. Sobre este último aparecen los niveles plásticos del Keuper, que constituyen regionalmente un nivel de despegue que permite la deformación independiente de la cobertera. Esta última se halla aquí integrada casi únicamente por materiales del Cretácico medio-superior (arenas de Utrillas y Cretácico superior carbonatado), aparte de por el Terciario pre y sinorogénico.

El tegumento de Buntsandstein y Muschelkalk se apoya sobre el zócalo siguiendo una disposición monoclinal, con dirección constante 145 y buzamiento de alrededor de 50° al SO. Sólo en el extremo septentrional describe varios repliegues de la misma orientación NO-SE. Se trata, en esencia, del flanco occidental de una gran estructura antiforme de orientación ibérica, en la que zócalo y cobertera habrían sido plegados de forma solidaria (pliegue de zócalo-cobertera o «pliegue de fondo»).

No obstante lo anterior, un cierto despegue de la cobertera sobre los niveles plásticos del Keuper también parece estar presente. Incluso debe considerarse una contribución adicional a tal despegue por parte de las capas de «Utrillas». El resultado es una relativa independencia de las calizas del Cretácico superior en el curso del plegamiento. Sólo así pueden resolverse en profundidad las geometrías observadas en algunos pliegues que afectan a estas últimas, y especialmente en el anticlinal volcado hacia el O, que constituye el borde occidental de este sector en su contacto con la cuenca de Almazán. Se trata de un pliegue marcadamente asimétrico, con un flanco oriental relativamente suave que enlaza hacia el E con los repliegues relativamente laxos de la Muela, y un flanco occidental que entre Alhama y Godojos aparece subvertical o con fuertes buzamientos para, más al N, llegar a colocarse en posición invertida (buzamientos inferiores incluso a 45°).

Todos los pliegues mencionados muestran ejes con dirección próxima a 140-150. Sin embargo, existen otros (en general, de menor escala) que se orientan según 110-120 e interfieren con los anteriores. Entre ellos cabe destacar el sinclinal y el anticlinal que se observan en la misma localidad de Alhama de Aragón, el segundo con deformaciones contraccionales importantes, geometría angular y duplicación de la charnela.

El Terciario, fundamentalmente conglomerático, que se adosa al borde de la Cordillera Ibérica en este sector, puede considerarse globalmente como sin-a postectónico. Las capas de conglomerados que se observan en el mismo Alhama, aunque dispuestas en discordancia angular sobre el Cretácico superior, son todavía afectadas con claridad por el anticlinal de dirección 115, presentado buzamientos de unos 30°. Por el contrario, otros términos más altos que se observan al N de Contamina se adosan discordantes al flanco de la estructura NNO-SSE sin prácticamente deformación. El conjunto de la serie terciaria puede considerarse, por tanto, integrado en una gran discordancia progresiva que hacia el N, en la vecina Hoja de Torrijo de la Cañada (408), aparece más evidente.

Sector de Jaraba

El Mesozoico plegado que aparece en este sector corresponde exclusivamente al Cretácico medio-superior. La directriz de los pliegues, próxima a E-O, es sensiblemente distinta a la del sector de Alhama. Destaca, intercalado entre dos sinclinales más laxos, un anticlinal de flancos muy abruptos, ligeramente vergente al N, cuyo eje es cortado en la carretera de Jaraba a Calmarza inmediatamente al S del Balneario de la Virgen. Se aprecia en él una marcada disarmonía entre dos formaciones calcáreas del Cretácico superior que aparecen separadas por un tramo intermedio más margoso.

Las estructuras compresivas E-O llegan a afectar a la unidad de conglomerados terciarios que afloran al E de Jaraba, en la parte baja de las vertientes del valle del Mesa, los cuales, a su vez, reposan en discordancia angular muy marcada sobre otra unidad detrítica anterior que alcanza buzamientos de unos 70°. El contacto entre Cretácico y Terciario no llega a ser propiamente un plano de cabalgamiento, pero en su entorno se observan rasgos claros de mecanización. Se trata de una superficie subvertical de dirección 110°, a la que se asocian algunas flexiones de las capas terciarias y una cierta brechificación de las calizas cretácicas. En la curva que hay junto al km 20 de la carretera de Jaraba a Campillo de Aragón se observa también, junto al contacto, un plano de cabalgamiento muy tendido (buzamiento de 20° al S) afectando al Cretácico.

Existe otra unidad detrítica más alta que reposa horizontal, y a cotas topográficas similares, tanto sobre la unidad terciaria anterior como sobre el Cretácico. Da la impresión, por tanto, de ser ya netamente postectónica. La misma unidad fosiliza también, al S de Jaraba, los pliegues E-O descritos anteriormente, apoyándose sobre una base erosiva extremadamente irregular que denota la existencia de un paleorrelieve abrupto previo a su depósito.

Cuenca terciaria

Las deformaciones que registra la unidad neógena más inferior en este sector oriental de la cuenca de Almazán (conglomerados de Alhama, equivalentes a la unidad intermedia de Jaraba) se atenúan rápidamente conforme nos alejamos del borde de la cadena. Así, en una gran parte de la hoja sólo se observan capas horizontales o con buzamientos muy leves, al tiempo que desaparece toda evidencia de discordancia entre unidades. Puede apreciarse una tendencia gene-

ral de las capas a buzarse hacia el S y SSO, siendo extremadamente raros los casos en que lo hacen en sentido N.

2.2.2. Análisis microestructural

Se han tomado medidas de microestructuras frágiles en un total de 5 estaciones, situadas en dolomías del Muschelkalk que afloran del sector de Alhama (estación 1), en las calizas cretácicas de Jaraba (2, 3 y 4) y en materiales terciarios al O de Ariza (5). Los resultados del análisis estructural se recogen en las figuras 8a y b. Los datos recogidos han sido sometidos a un análisis estadístico mediante dos métodos que permiten la caracterización del elipsoide medio de esfuerzos responsable de su movimiento (Fig. 8a) (ETCHECOPAR *et al.* 1.981 y SIMÓN GÓMEZ, 1.986).

A su vez se ha realizado el análisis de las densidades de estilolitos en las estaciones con el fin de interpretar los posibles máximos y sus orientaciones originales, una vez corregido el plegamiento de las capas en cada una de ellas, para aquellas familias que se consideran anteriores al mismo, respetando la orientación actual de las restantes. Aunque no hay datos feacientes para la asignación segura de todas ellas a una u otra categoría, parece más oportuno este procedimiento que las alternativas de corregir todas las medidas o no corregir ninguna. Se observa (Fig. 8a y b) la presencia de dos máximos claros en las direcciones 125-130 y 150 (los más importantes), además de otros secundarios en torno a 000-020, 050-060 y 090. A partir de las relaciones cronológicas descritas anteriormente puede decirse que las familias 125-130, 150, 050-060 y 090 (sin poderse precisar la relación entre ellas) son anteriores a la familia 000-020, y que ésta sería sincrónica o posterior respecto al plegamiento E-O y coherente con la misma dirección de acortamiento N-S indicada por este último.

En la estación 5 (Ariza) se ha medido una amplia población de fallas normales que afectan a un paquete de materiales miocenos, en un corte situado en el km 189 de la carretera nacional. Algunas originan desplazamientos decimétricos a métricos de las capas, con una cierta componente rotacional que da lugar a ligeros basculamientos de las mismas. Se agrupan en dos familias conjugadas (Fig. 8b), con una dirección media 150 y buzamientos de 55-60° E y 70° O, respectivamente. Sólo en tres de estos planos se han observado estrías de deslizamiento y, por tanto, no es posible la aplicación de los métodos estadísticos que permiten la reconstrucción del tensor de esfuerzos. Sin embargo, el dispositivo geométrico de los planos sí permite, al menos, definir los ejes principales de esfuerzos: σ_1 060, 85 E (subperpendicular al plano medio de estratificación), σ_2 150, 00 y σ_3 060, 05 O.

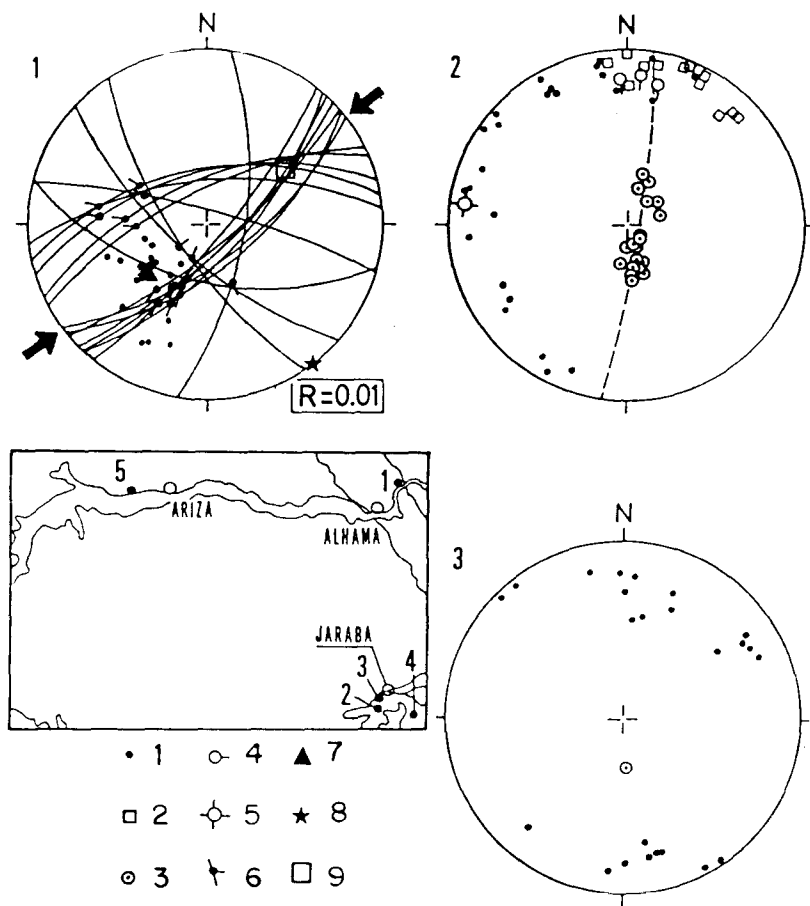


Fig.- 8a Resultados del análisis estructural. Estaciones 1, 2 y 3: 1: Pico estilolítico; 2: junta de extensión relacionada con deformación de charnela de pliegue; 3: punto de estratificación; 4: estrias de deslizamiento "capa sobre capa"; 5: eje de plegamiento deducido; 6: ciclográfica y estria de falla; 7: σ_1 ; 8: σ_2 ; 9: σ_3 . $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$

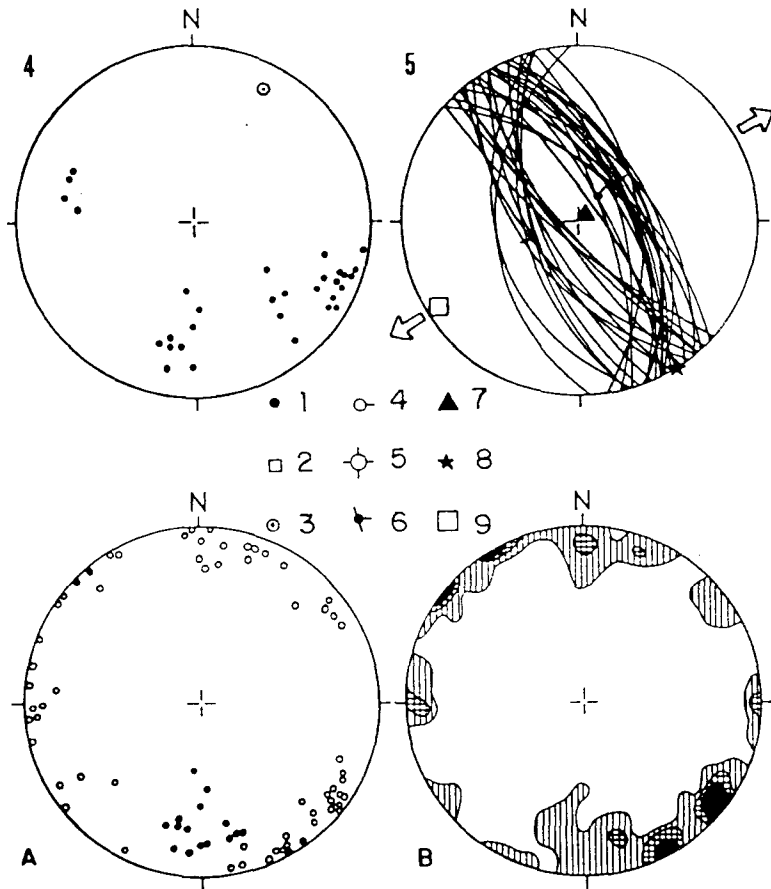


Fig.- 8b Resultados del análisis estructural, estaciones 4 y 5; A, resumen picos de las estaciones 2,3 y 4; B, diagrama de densidad, 1: pico estilolítico; 2: medida de pico estilolítico corregida; 3: polo de estratificación; 4: ciclográfica y estria de falla; 5: σ_1 ; 6: σ_2 ; 7: σ_3 $R=(\sigma_2 - \sigma_3) \wedge (\sigma_1 - \sigma_3)$

2.2.3. Interpretación estructural

Dos direcciones de plegamiento fundamentales se han señalado en el conjunto de la Hoja de Alhama de Aragón: una 140-150, dominante en el sector de Alhama, y otra 100-120, dominante en el sector de Jaraba. Esta segunda, sin embargo, aparece también representada en el anticlinal y sinclinal 115 que aparecen en la misma localidad de Alhama interfiriendo con la directriz SSE. Las observaciones realizadas en estos últimos no permiten conocer con seguridad su relación cronológica. En la vecina Hoja de Torrijo de la Cañada (408), sin embargo, las relaciones de unos y otros pliegues con las distintas unidades terciarias sugieren que los SSE son, en líneas generales, anteriores a los ESE. El desarrollo de los primeros es sincrónico con la sedimentación de al menos una parte del Paleógeno, dando lugar, como ya hemos señalado anteriormente, a una amplia discordancia progresiva. Probablemente cesan en su actividad al inicio del Mioceno, ya que en el tránsito de las capas sin-a postectónicas se ha encontrado fauna de vertebrados datada en la biozona MN 2 (Ageniense) (yacimiento de Cetina: DAAMS, 1.976). Por el contrario, los pliegues ESE, sin descartar que hubiesen podido empezar a funcionar en algún caso con anterioridad, destacan por afectar a materiales atribuibles al Mioceno inferior. En la Hoja existen datos que resultan totalmente compatibles con esta secuencia. De un lado, las estructuras SSE, que constituyen el borde de la Cordillera Ibérica, no son sino la continuación de las que se encuentran en la Hoja de Torrijo de la Cañada (408). De otro, los pliegues 100-120 del sector de Jaraba también se observan afectando a depósitos de probable edad Mioceno inferior.

Las direcciones de compresión ENE y SSE, compatibles con ambas generaciones de pliegues, son también las que se encuentran representadas principalmente a escala microestructural. La primera aparece bien documentada en la estación 1, con estilolitos y desgarres que definen un tensor de compresión uniaxial anterior al plegamiento, pero relacionado genéticamente con él. En las estaciones del sector de Jaraba (2, 3 y 4) la dirección más representada es la compresión N a NNE, asociada genéticamente a los pliegues 100-120. Las estructuras correspondientes a ella cortan a los estilolitos ENE, estableciendo así, a escala microestructural, una secuencia tectónica coherente con la interpretada a partir de los pliegues, y que, por otra parte, se repite sistemáticamente en las Hojas vecinas.

Las microestructuras frágiles proporcionan información, además, sobre otra dirección de compresión SE a SSE que también ha actuado en el área, representada por los estilolitos 125-130 y 150 dominantes en el sector de Jaraba. En las Hojas vecinas de Torrijo de la Cañada y Arcos de Jalón (408 y 435), esta compresión parece en general más temprana que las dos descritas.

Los únicos datos sobre posibles etapas distensivas en el área proceden de la estación 5, donde se ha interpretado un estado con σ_3 horizontal según 060. También en las Hojas vecinas se han encontrado indicios de una dirección de extensión similar, que actuaría probablemente a partir del Mioceno medio (en las proximidades de Blocona, Hoja de Arcos de Jalón 435, existen fallas sinsedimentarias de orientación análoga a las de la estación 5 en depósitos que son aproximadamente de esa edad). Aquí se sabe, al menos, que habría funcionado después del depósito del Mioceno inferior de Ariza.

En resumen, las etapas esenciales en la evolución tectónica del área serían las siguientes:

— Posible compresión SE a SSE, registrada sólo a escala microestructural en el sector de Jaraba. Su cronología relativa está escasamente documentada, si bien en el conjunto regional parece ser realmente la primera. Probable edad Paleógena temprana.

— Compresión 060, responsable de las estructuras de plegamiento en el sector de Alhama de Aragón, y reflejada asimismo en microestructuras frágiles. Edad comprendida entre mediados del Paleógeno, aproximadamente, y el Ageniense.

— Compresión 000-020, responsable de los pliegues E a ESE del Sector de Jaraba, así como del anticlinal y sinclinal 115 de la localidad de Alhama. Quizá es activa ya durante el Paleógeno, según ciertos indicios existentes en las Hojas vecinas, pero su desarrollo principal tiene lugar durante el Mioceno inferior.

— Distensión con σ_3 060. Sólo registrada en microestructuras. Edad probable en torno al Mioceno medio.

La evolución tectónica interpretada aquí, común también a otras áreas vecinas, puede correlacionarse con los modelos propuestos para otros sectores de la Cordillera Ibérica:

— La distensión 060 del Mioceno medio es coherente con la dirección SE a SSE que presenta la principal macroestructura distensiva de la región, la fosa de Calatayud, y encaja en lo que parece ser el régimen dominante en la cadena a partir de esa edad. En el sector oriental de la misma la dirección de extensión es ESE (SIMÓN, 1.986), en evidente relación con el proceso de *rifting* que se desarrolla en ese margen de la Península durante el Neógeno. En áreas más interiores, como la que nos ocupa, podría considerarse asimismo la posibilidad de que se trate simplemente de una extensión secundaria perpendicular al eje σ_1 dentro del propio campo de compresión, según el modelo de TAPPONIER y MOLINAR (1.976). En cualquier caso, el tránsito progresivo desde la compresión anterior N-S a esta distensión E-O, por intercambio de los ejes σ_1 y σ_2 (fenómeno advertido como posible en una de nuestras estaciones), parece ser la tónica común en todo el cuadrante NE de la Península (SIMÓN, 1.986; GRACIA y SIMÓN, 1.986, y SIMÓN *et al.*, 1.988).

3. GEOMORFOLOGÍA

La Hoja número 436 (Alhama de Aragón) esc. 1:50.000 corresponde al extremo más oriental de la cuenca del Duero, en la denominada depésion de Almazán. Se trata de la zona de contacto con la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica.

Es una región de relieves contrastados; por un lado, alineaciones montañosas relativamente enérgicas, que forman parte de la Rama Castellana, con cotas entre 800 y 1.000 m, y, por otro, ocupando la mayoría del área, un territorio formado por relieves tabulares en disposición escalonada hacia el río Jalón (graderío), con alturas más bajas hasta los 700 m y muy regularizado.

Los materiales paleozoicos se disponen en una banda con dirección NO-SE, sólo aflorantes en la esquina NE de la Hoja. Su estructura consiste en un flanco monoclinal que se encuentra buzando hacia el SO. Predominan las cuarcitas, pizarras y areniscas de edad Ordovícica.

LEYENDA

MODELADO ESTRUCTURAL

- Lineas de capa dura
- Aristas
- Superficie estructural en calizas
- Chevróns
- Plataformas, mesas y gradas en conglomerados y areniscas

FORMAS ACUMULATIVAS

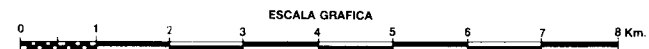
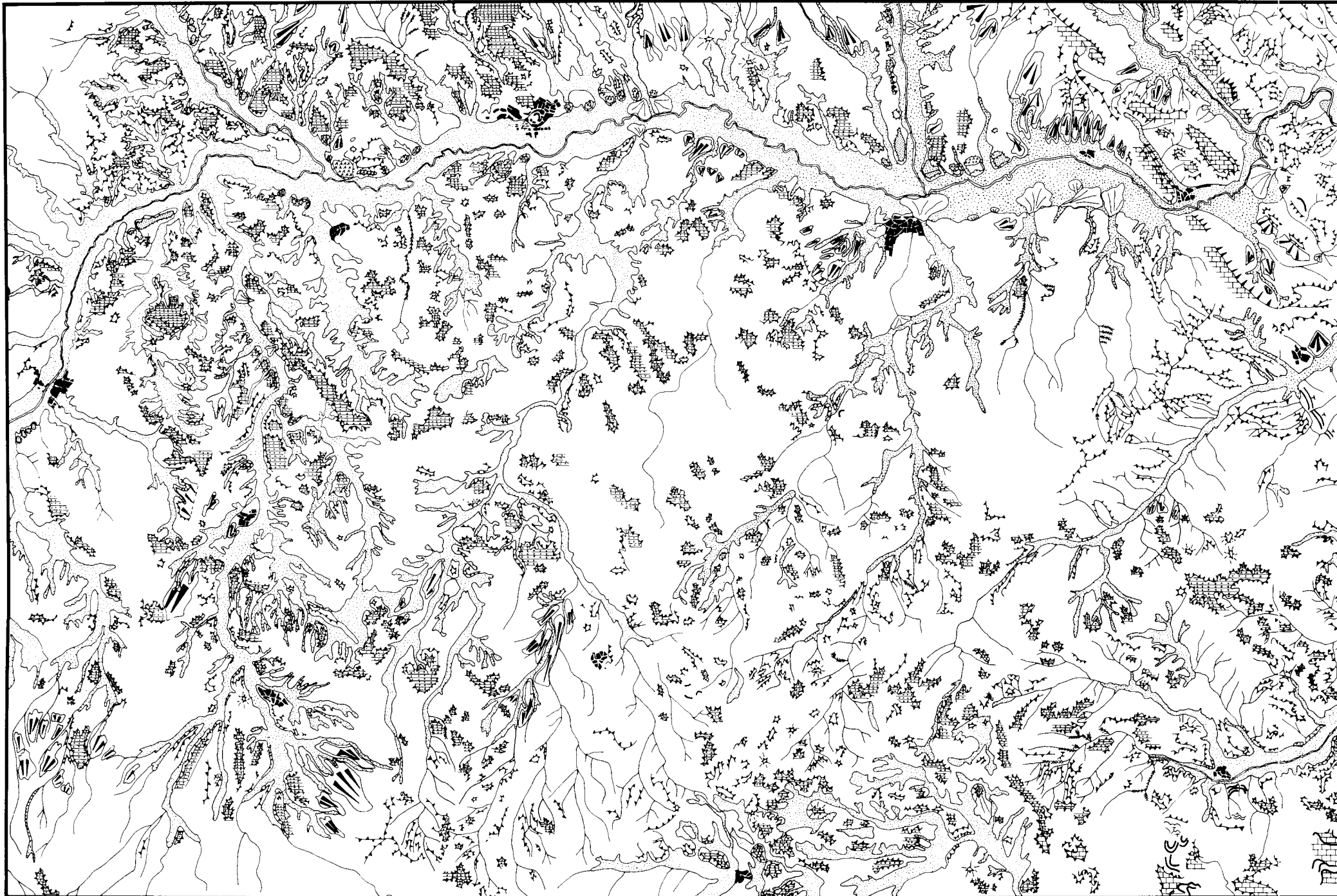
- Glacis
 - T₁
 - T₂
 - T₃
 - Tobas calcareas
- } TERRAZAS

RED FLUVIAL

- Valles de fondo plano
- Barrancos
- Cárcavas

OTRAS FORMAS Y SIMBOLOS

- Conos de deyeccion
 - Abrupto
 - Pendiente menor
 - Escarpe en depositos cuaternarios
 - Nucleos de poblacion
 - Cerros cónicos
 - Buzamiento
- } ESCARPES



El aspecto morfológico de estos materiales da como consecuencia un relieve alomado, en el que se encuentra encajada la red de drenaje. Se distinguen además *hog-backs* y cuestas correspondientes a las capas más resistentes a la erosión, con poca continuidad lateral.

Adosados a los relieves paleozoicos, se encuentran los materiales calco-detríticos también dispuestos en una banda de dirección NO-SE.

En el SE y SO de la Hoja existen afloramientos aislados mesozoicos.

El relieve está constituido por *hog-backs*, *chevrons* (siendo muy característicos los del Muschelkalk) y algunas barras. El relieve presenta características Apalachienses con desarrollo de relieves invertidos, sinclinales colgados como la profunda *cluse* resultante del encajonamiento del río Jalón. También se puede distinguir otra *cluse* menos desarrollada en los relieves Mesozoicos que afloran al SE de la Hoja.

El dominio fundamental de esta Hoja está constituido por los materiales terciarios, que se disponen prácticamente horizontales, aunque en ocasiones se puede distinguir una pendiente deposicional muy suave. Estos materiales tienen un carácter tabular y las formas resultantes son mesas de tamaño variable que como consecuencia de la erosión degeneran en cerros cónicos, aislados, que a veces a su pie desarrollan un relieve en graderío.

La red de drenaje está fuertemente encajada y tiene una deposición detrítica. Las principales arterias están constituidas por los ríos Jalón y Mesa que se han instalado por un proceso de epigenia, al menos en los tiempos cuaternarios.

El río Jalón recorre la Hoja de E-O, presenta un fondo plano con una importante llanura aluvial. Como consecuencia de su encajamiento se diferencian una serie de niveles de terrazas, situados a diferentes alturas, pero de poca continuidad lateral. En sus afluentes (río Nágima y Henar) también se diferencian distintos niveles de terraza, con una disposición similar.

El río Mesa es meandriforme en la mayor parte de su recorrido y se observan en la proximidad a la carretera de Ibdes a Jaraba unas tobas calcáreas creadas por procesos biogénicos.

El encajamiento de la red fluvial da lugar a barrancos de incisión lineal que desaguan en los ríos más importantes, dejando depósitos con morfología de conos de deyección, que son debidos a la degradación de relieves importantes.

La incisión que provoca la red de drenaje da lugar a que en los materiales blandos se forme un intenso *acarcavamiento*, que constituye una morfología bastante compleja y en la que se reconocen aristas divisorias y barrancos entre ellas.

En relación con la evolución de la red cuaternaria se han elaborado niveles de glacis, diferenciándose varias generaciones en ellos. Al N de Contamina se observa un buen ejemplo de los mismos. Algunos de éstos enlazan con las terrazas del río Jalón. Estos glacis presentan un mayor desarrollo en el piedemonte de las Sierras Cretácicas (NO de Alhama de Aragón, Alconchel de Ariza y al SO de CabolaFuente).

4. HISTORIA GEOLÓGICA

Para entender la Historia Geológica de una Hoja a escala 1:50.000 es necesario incluirla dentro de un amplio contexto regional, ya sea tectónico, sedimentológico o paleogeográfico en general. Es por esto que al describir este capítulo se ha considerado que la Hoja de Alhama de Aragón (436) se encuentra situada entre dos claros dominios: Por un lado, los relieves estructurales de la Cordillera Ibérica, con materiales de edad paleozoica y mesozoica, y del otro, la Depresión o Fosa Terciaria de Almazán. Ambos con estilos y características geológicas diferentes, pero con estrecha relación tectosedimentaria.

La Cordillera Ibérica es una cadena de tipo intermedio, cuyo mayor desarrollo tuvo lugar durante la Orogenia Alpina. Su evolución tectosedimentaria está suficientemente influenciada por ella (Fig. 9) y, sin embargo, se ha de tener muy en cuenta que los movimientos producidos durante esta Orogenia han sido reactivaciones o reflejo de los existentes en la Orogenia Hercínica. Ambas conforman una superposición de estilos que para la Cordillera Ibérica se conocen como de «Zócalo» y «Cobertera».

En la Hoja de Alhama de Aragón la Historia Geológica comienza con el zócalo paleozoico, concretamente con los depósitos siliciclásticos del Ordovícico, representados por las secuencias de Carenas-Castejón de las Armas, que corresponde con la formación Borrachón y la secuencia del Embalse de la Tranquera, cartografiada como formación Santed y Formación Deré (Cuarcita de Scolithus).

El límite inferior del Ordovícico, no visible en esta Hoja y sí en la vecina de Ateca (437), corresponde con un cambio secuencial dentro de los términos superiores de la Formación Valconchán (Cámbrico superior-Ordovícico inferior). Éste se presenta regionalmente mediante la existencia de un nivel conglomerático, a veces no visible, pero que se localiza en las inmediaciones de Castejón de las Armas (Hoja de Ateca, 437) y se expresa cartográficamente como discordancia. Es el reflejo del cambio de medio en la sedimentación producido por una caída en el nivel del mar, dando lugar al paso de turbiditas diluidas (pelitas) a depósitos de plataforma dominados por la acción de tormentas (areniscas).

Esta plataforma se generaliza durante el Ordovícico inferior y medio (Formación Borrachón). A partir del Ordovícico superior (Formaciones Santed y Cuarcita de «Scolithus») se produce una nueva reactivación en la cuenca, con una subida en el nivel del mar, que da lugar a la implantación de un nuevo «Sistema Turbidítico» caracterizado por sus facies de «lóbulos», «canales», y *channel levee*.

El cambio se establece a partir de capas delgadas de granulometría fina a muy fina, «slumpizadas» y en continuidad física con la plataforma de la que derivan. Son las capas predominantemente arenosas que caracterizan la base de la Secuencia del Embalse de la Tranquera (Formación Deré).

El techo de la Serie Ordovícica en la Hoja de Alhama de Aragón se desconoce por hallarse cubierto por una clara discordancia con la Serie Triásica.

La Serie Triásica marca el inicio del Mesozoico, y por consiguiente, un nuevo estilo tectosedimen-

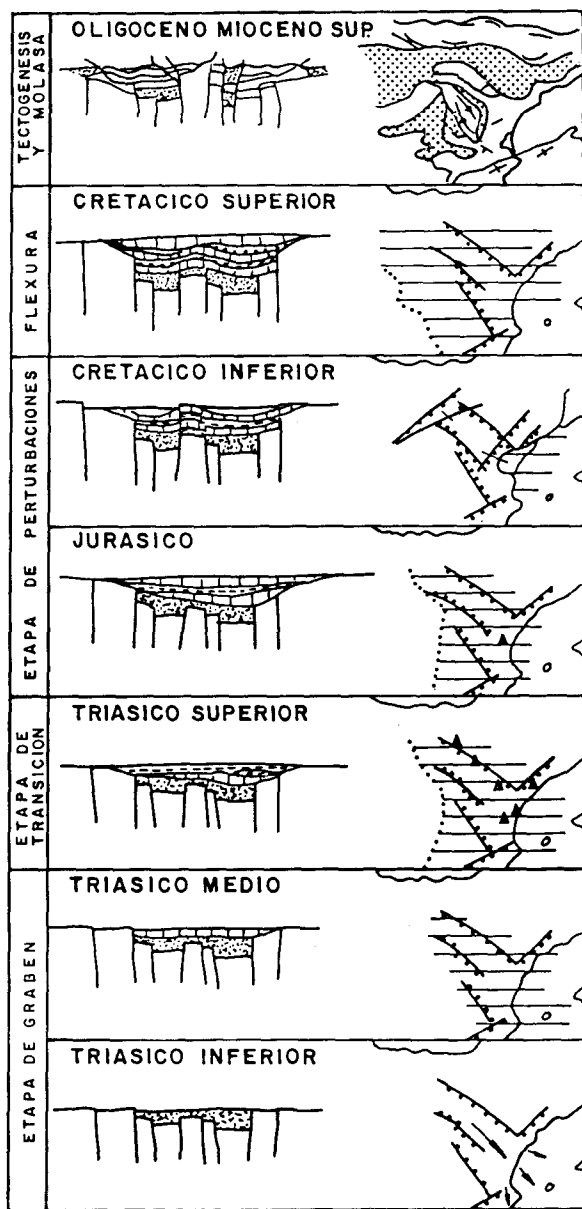


Fig.-9 Representación esquemática de la evolución tectosedimentaria de la Cordillera Ibérica según ALVARO et al. , 1978.

tario, con la aparición de la Facies Buntsandstein depositada en una cuenca continental distensiva originada a partir de un proceso de *rifting* (Carbonífero-Pérmico) controlado fundamentalmente por una tectónica de bloques (Fig. 9).

Desde el punto de vista paleogeográfico, el aspecto más importante durante el Triásico inferior es la escasa potencia de sedimentos de la Facies Buntsandstein que aparece en la Hoja y en regiones próximas (Hoja de Torrijo de la Cañada, Ateca y Daroca, 408, 437 y 465). Esto se debe a un «umbral» de rumbo NO-SE, que coincide con la posición actual de los macizos paleozoicos de Torrijo de la Cañada-Ateca-Daroca, y algo más alejado el de Calatayud-Montalban, denominado «umbral de Ateca», GARRIDO y VILLENA (1.977). A ambos lados del «umbral» se desarrollan las cuencas triásicas de las ramas Aragonesa y Castellana de la Cordillera Ibérica. Hacia ambas cubetas el espesor de los sedimentos triásicos, y en especial la Facies Buntsandstein, aumentan rápidamente (Surco de Molina de Aragón).

La relajación progresiva de la actividad tectónica durante la sedimentación de la Facies Buntsandstein y una subsidencia diferencial conducen paulatinamente a una colmatación de la cuenca por episodios marino-lagunares correspondientes a la denominada Facies Muschelkalk. Estas forman en el conjunto de la Cordillera Ibérica un gran ciclo transgresivo-regresivo, en el que se pueden distinguir tres subciclos, de los cuales, en la zona de estudio, sólo el tercero y superior se encuentra representado en facies carbonáticas. Esto es debido posiblemente a que los sedimentos en Facies Buntsandstein del Umbral de Ateca se consideren, sin soporte estratigráfico, equivalente lateral de los subciclos inferiores de la Facies Muschelkalk (Fig. 10). Este hecho ha sido constatado en otras áreas del «Umbral de Ateca», concretamente en la Hoja de Moyuela (466).

Este tercer subciclo se presenta en la región bajo los efectos regresivos producidos por la progradación de los medios supramareales e instalación de ambientes salobres *sabhkas* que dan paso a la denominada Facies Keuper.

El Jurásico, no aparece representado en la zona de estudio, a excepción de los depósitos carbonáticos de la Formación Carniolas de Cortes de Tajuña, que paleogeográficamente pertenecen al final del ciclo regresivo del Triásico superior.

Durante el Cretácico inferior, la Cordillera Ibérica sufre una fuerte reactivación tectónica, que la configuran en un conjunto de *hosts* y *graben* controlados por las fracturas posthercínicas (Fig. 9).

Sobre este edificio tectónico ya formado se instalan los depósitos siliciclásticos de la Formación Utrillas, que se apoyan, en discordancia erosiva, sobre materiales que van desde el Triásico al Aptiense. En concreto, en la zona de estudio se apoyan directamente sobre la Facies Keuper.

La Formación Utrillas manifiesta un carácter uniformizador y expansivo en toda la cuenca. Generaliza los relieves creados por la actividad tectónica y su sedimentación culmina con la elevación relativa del nivel del mar que marca el inicio de un gran ciclo transgresivo-regresivo correspondiente al Cretácico superior, en el que tiene lugar una etapa de subsidencia controlada que se extiende por todo el ámbito Celtibérico, al que pertenece la zona de estudio.

La existencia de discontinuidades de carácter regional en este gran ciclo permite diferenciar tres etapas evolutivas equivalentes a secuencias deposicionales (Fig. 11).

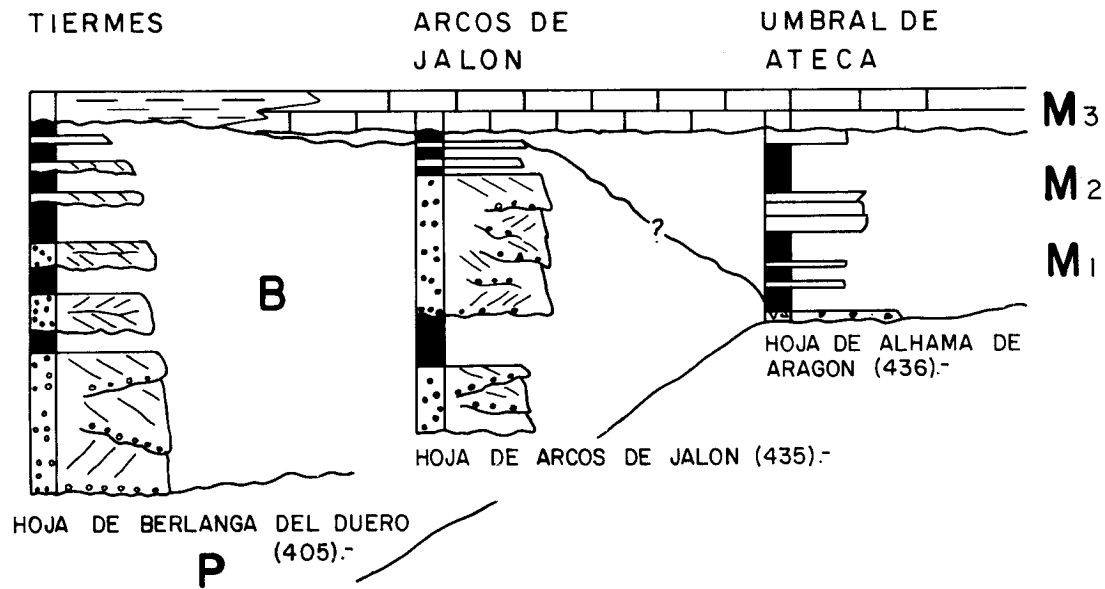
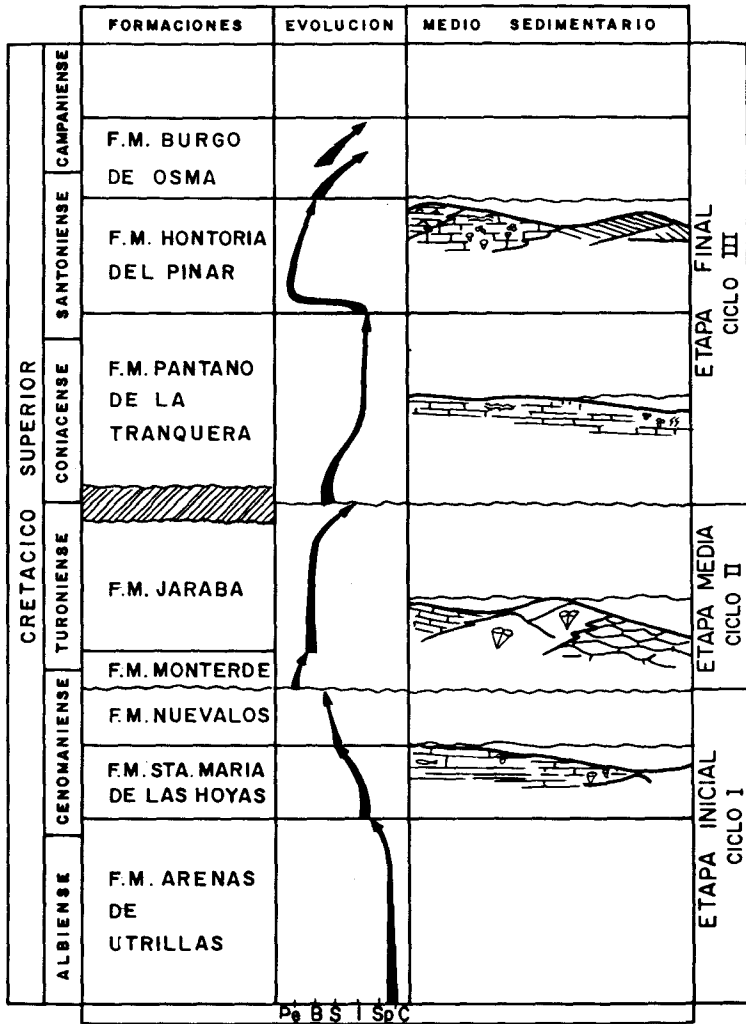


Fig.-10 Esquema de correlación supuesta entre columnas de las áreas estudiadas
 P- Pérmico. B Buntsandstein. M1- Muschelkalk inferior. M2- Muschelkalk medio. M3- Muschelkalk superior.



Pe: Plataforma externa; B: Barrera; S: Submareal;
I: Intermareal; Sp: Supramareal; C: Continental.

Fig.- 11 Cuadro de distribución de las formaciones del Cretácico superior y su representación Paleogeográfica

La etapa inicial comprende el Cenomaniense inferior-medio y supone una evolución transgresiva sobre las Arenas de Utrillas. Responde a la instalación de una plataforma carbonatada interna de baja energía, cuya estructura es semejante a la de una llanura de mareas con ambientes sub, inter y, posiblemente, supramareales. La evolución secuencial es de somerización *shallowing upward*. El techo viene marcado por un cambio brusco en las condiciones de sedimentación respecto a la unidad suprayacente.

La etapa media corresponde al Cenomaniense superior-Turoniense y en su conjunto presenta una evolución transgresiva-regresiva. Se inicia con la implantación de una plataforma externa abierta con una buena circulación, representada por facies de gran homogeneidad (Formación Calizas nodulosas de Monterde). Posteriormente, sobre ésta se instala rápidamente una plataforma somera submareal con *mounds* de algas y rudistas asociados a barras litorales y a medios inter y supramareales. La etapa regresiva viene determinada por secuencias de somerización *Shallowing upward*. A techo se encuentra una superficie de *hard-ground*, que abarca el Turoniense superior-Coniaciense inferior.

La última etapa corresponde al Senoniense s. I. Esta etapa está incompleta en la región y en concreto en la zona de estudio. Presenta una evolución transgresivo-regresiva, que comienza con depósitos de plataforma interna somera, representada por secuencias de somerización y emersión en condiciones de aridez. Por encima, aparecen depósitos de plataforma submareal de alta energía, ordenados en secuencias de somerización *sallowing upward*, que indican un máximo transgresivo. Por último, se observa de nuevo una tendencia regresiva con la instalación, durante el Santoniense superior-Campaniense, de una plataforma interna protegida o *lagoon* submareal protegido, donde las facies están ordenadas en secuencias de somerización.

La parte superior del ciclo, que marca la regresión Finicretácica, no está representada en esta Hoja y habría que desplazarse hacia los afloramientos localizados en Embid de Ariza, Hoja de Torrijo de la Cañada (408), para poder observar los depósitos marginales y continentales con los que termina el ciclo Cretácico.

La aparición del Ciclo Terciario se caracteriza por una fuerte reactivación e inversión tectónica, que tiene lugar a finales del Cretácico superior y a todo lo largo de la Cordillera Ibérica. Ésta pasó de ser un surco sedimentario complejo con subsidencia en régimen extensional, a configurarse como un área emergida y sometida a una fuerte compresión, mediante pliegues y cabalgamientos. Estas deformaciones, producto de numerosas fases de compresión, configuran la sedimentación continental entre el Paleoceno y el Mioceno inferior, en cubetas individualizadas que se rellenan por depósitos clásticos de origen continental.

Durante este período, la evolución del área condiciona la sedimentación, de tal manera, que cada impulso tectónico ocasiona la aparición de una nueva facies que da lugar a una sucesión de unidades tectosedimentarias (UTS) separadas entre sí por claras discordancias (Hoja de Torrijo de la Cañada, 408).

Durante el Paleoceno y Eoceno se originan la primera y segunda unidad, sintectónicas con la compresión Pirenaica y que se constituyen como abanicos aluviales representados en la Hoja en sus facies más distales. La diferencia entre estas dos unidades, además de suponer una

reactivación, es un cambio en el área fuente (Hoja de Torrijo de la Cañada, 408). Mientras que en la primera y basal predomina la influencia cretácica, la segunda es una acumulación de materiales procedentes de materiales del Paleozoico. La separación entre ellos se realiza mediante una paraconformidad.

Una nueva reactivación en los relieves creados por la fase anterior se produce durante el Oligoceno inferior (Fase Castellana, PÉREZ GONZÁLEZ *et al.*, 1.971) provocando una fuerte discordancia en la cuenca, y por consiguiente una nueva unidad tectosedimentaria constituida por depósitos de abanico aluvial escasamente representados en la Hoja y muy desarrollados en zonas más septentrionales.

Después de un fuerte diastrofismo que se produce en el Oligoceno superior y Mioceno inferior, responsable de la compresión que origina pliegues de dirección ESE (Fase Neocastellana de AGUIRRE *et al.*, 1.976) y que a su vez da lugar a formaciones conglomeráticas representadas en zonas más septentrionales, comienzan a instalarse unas nuevas condiciones de carácter distensivo que dan paso a una nueva cuenca sedimentaria que empieza a rellenarse por materiales de edad Neógena. En su inicio estas condiciones distensivas son paulatinas y con un supuesto movimiento decelerado, dando lugar en los bordes de la cuenca a depósitos en abanicos de capas (Mioceno inferior-medio).

Hay que tener en cuenta que durante el Mioceno medio y superior el factor tectónico juega un papel muy atenuado, por lo que hay que recurrir a factores de índole climática generadores de movimientos eustáticos. Esto explica, en gran medida, las colmataciones y reactivaciones que se producen en las cuencas neógenas y que originan cambios secuenciales en la sedimentación que son visibles en todo el ámbito de la zona de estudio y ocupan la inmensa mayoría de la cuenca terciaria del Almazán a la que pertenece la Hoja en cuestión.

Durante el Plioceno, se mantienen idénticas condiciones paleogeográficas, si bien existe un ligero aumento en la actividad tectónica (siempre de carácter distensivo), que se refleja con la aparición de la Fase Iberomanchega (AGUIRRE *et al.*, *op. cit.*) cuyo registro es fundamentalmente de abanicos aluviales, discordantes sobre el resto de las formaciones infrayacentes. Este registro tiene un reflejo distal en las superficies carbonáticas de los «páramos», y a su vez sirve de superficie geomorfológica fundamental en la cuenca de Almazán.

Posteriormente el cuaternario se instala sobre esta superficie creando la morfología de mesas y graderíos que constituye la zona de estudio.

5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

5.1. MINERÍA Y CANTERAS

El estudio del potencial minero del área comprendida en la Hoja de Alhama de Aragón (436) se ha iniciado con un análisis de la documentación existente en el sector de las Rocas industriales, ya que en la zona no hay antecedentes, ni bibliográficos ni tradicionales, de indicios de minerales metálicos o energéticos.

Los puntos en los que se localizan rocas explotadas en tiempo pasado para su uso industrial se

han visitado y reconocido para evaluar su potencial, desde el punto de vista que proporciona la realización del presente estudio geológico.

En el mapa de Rocas Industriales 1:200.000, número 31, Soria, se registran los siguientes indicios:

Durante la realización del presente estudio se han reconocido seis puntos en los que existen o han existido labores de arranque.

El primer indicio corresponde a una explotación situada en la Muela, junto al río Monegrillo, en las proximidades del p. k. 222 de la CN II. Se benefician dolomías grises de elevada homogeneidad, alta canterabilidad, dispuestas en capas de 30 a 40 cm de espesor, separadas por hiladas centimétricas margosas y algunos bancos de hasta 7 m de espesor de aspecto masivo. Las capas se disponen con dirección N 155° E buzando 45° S y corresponden a la unidad de las Facies Muschelkalk.

Las labores corresponden a una explotación abandonada, sin instalaciones y con un frente explotado muy limpio y fácilmente observable que tiene unas dimensiones de unos 159 m de longitud de 40 m de alto y 50 m de ancho.

El diaclasado es superior a los 2 m y se observan alteraciones definidas por óxidos y disgregación superficial en las fracturas y diaclasas.

Este material puede ser objeto de explotación para usarlo como roca de construcción y para áridos de trituración.

Los indicios números 2.º y 3.º corresponden a una serie de explotaciones repartidas por el área de la Muela, al SO del río Monegrillo, que benefician arenas silíceas y caolín. La explotación es intermitente y con la capacidad de una pala excavadora se arranca el material y se carga en camiones que se transporta a Calatayud, donde se lava.

El 4.º indicio corresponde a una grava localizada al S de Cetina, junto al Barranco de San Lázaro.

El penúltimo indicio corresponde a distintos puntos repartidos en el entorno de Santa María de Huerta, en los que se han explotado arcillas.

Por último, en la Ermita de San Pascual existen labores donde se explotan limos arenosos con un 10 a 20 % de gravilla de tamaño entre 0,1 a 3 cm de cuarcitas subondeadas y gravas en niveles de 5 a 20 cm.

Al analizar los diversos tipos de rocas que se encuentran en el ámbito de la Hoja (436) se establecen los siguientes grupos de materiales susceptibles de emplearse como Rocas Industriales.

- Carbonatos.
- Granulares.
- Arcillosas.
- Pizarrosos.

MATERIALES CARBONATADOS

Dentro de estos materiales se diferencian las dolomías, calizas y calizas con margas.

Dolomías

Se incluyen la unidad de dolomías, margas y calizas (5) y la Formación Carniolas de Cortes de Tajuña (7).

Los niveles dolomíticos de la primera unidad (5) dan resalte morfológico, son de aspecto masivo en el tramo inferior, de unos 15-20 m de espesor y bien tableados en los 10 a 15 m del tramo superior. La segunda unidad, Carniolas de Cortes de Tajuña (7), son dolomías de carácter brechoide, oquerosas, sucias, de aspecto masivo y recristalizadas. Su espesor oscila entre los 20 y 40 m.

Calizas

Se incluyen en este conjunto la Formación Calizas dolomíticas de Nuévalos (10); la Formación Calizas Nodulosas de Monterde (11); la Formación Calizas bioclásticas de Jaraba (12); Formación Calizas dolomíticas del Pantano de la Tranquera (13); Formación Calizas de Hontoria del Pinar (14); Formación Calizas del Burgo de Osma (15) y las Tobas Calcáreas (27).

En general, son conjuntos calcáreos, aunque algunos de ellos intercalan niveles dolomíticos, generalmente están bien estratificados en capas o bancos y en los que las unidades de la Formación Calizas bioclásticas de Jaraba (12) y la Formación Calizas de Hontoria del Pinar (14) destacan por estar más recristalizadas. Los espesores oscilan entre los 30 y 60 m.

La unidad Tobas Calcáreas (27) tiene un espesor de unos 8 m, está localizada en las proximidades de Jaraba, junto al río Mesa, y se singulariza por su elevado contenido en restos fósiles y alta porosidad.

CALIZAS Y MARGAS

Comprende la unidad, Formación Arenas, arcillas y calizas de Santa María de las Hoyas (9) y la unidad margas, margocalizas, calizas, arcillas y niveles arenosos (17).

Las dos unidades son conjuntos heterogéneos de calizas, margas y arenas que conforman un paquete poco competente. Es de destacar las pasadas carbonosas que se identifican en la unidad de margas, margocalizas, calizas, arcillas, areniscas y conglomerados (17) en los afloramientos de esta unidad al Norte de la Hoja.

También se incluyen en esta unidad los materiales dispuestos horizontalmente de calizas y margocalizas (24) que se localiza en el ángulo SO de la Hoja con un espesor próximo a los 10 m.

MATERIALES GRANULARES

Este grupo está formado por las areniscas y arcillas de la Facies Buntsandstein (4); conglomerados, areniscas y arcillas rojas (18); conglomerados y arcillas (19); arcillas, areniscas y conglomerados (20); conglomerados, areniscas, arcillas con carbonatos (21); conglomerados calcáreos (22); conglomerados calcáreos (25); gravas poligénicas (26); limos y gravas (28) (29).

La unidad de areniscas y arcillas de la Facies Buntsandstein aflora en el ángulo NE de la Hoja, y tiene un espesor próximo a los 70 m. Las arenas son paquetes de centimétricos a métricos, generalmente bien compactados, silíceos, e intercalan pasadas conglomeráticas de escasa continuidad lateral.

El resto de las unidades se disponen horizontalmente, excepto la de conglomerados areniscas y arcillas rojas (18), y tienen espesores entre los 30 y 70 m destacando la unidad de conglomerados y arcillas (19) que alcanza los 120 m.

Las unidades de edad Cuaternario (25, 26, 28 y 29) tienen menos de 10 m de espesor, su localización está muy ligada a la morfología y se caracterizan por ser materiales sueltos y fácilmente deleznable.

MATERIALES ARCILLOSOS

Incluyen las siguientes unidades: arcillas, margas versicolores y yesos de la Facies Keuper (6); Formación Arenas y areniscas de Utrillas (8) y las Arcillas con cantos cuarcíticos (23).

La última de estas unidades aflora en el ángulo SE de la Hoja y son arcillas rojas y marrones que intercalan niveles conglomeráticos de menos de un metro de espesor alcanzando los paquetes arcillosos hasta los 15 m. El espesor de la unidad es de 50 m.

La Formación Arenas de Utrillas (8) se explota regionalmente para beneficiar caolín que se emplea según las características del mineral y los requerimientos del mercado en la industria cerámica, papelera, cementera, etc. También se benefician las arenas silíceas que se emplean en la industria del vidrio fundamentalmente.

La unidad de arcillas, margas versicolores y yesos de la Facies Keuper (6) presenta en esta zona un espesor próximo a los 30 m y es el contenido en sales el que puede tener mayor incidencia ante una explotación de los niveles arcillosos.

MATERIALES PIZARROSOS

Se consideran en este conjunto las unidades de pizarras que generalmente intercalan o alternan con cuarcitas y areniscas. Se consideran la Formación Borrachón (1), la Formación Deré (2) la Formación Santed (3).

Son unidades con espesores de 800, 600 y 1.200 m, respectivamente, con bajo metamorfismo y con numerosos niveles de limos, areniscas y cuarcitas intercaladas.

5.2. HIDROGEOLOGÍA

Aunque este capítulo debería dedicarse al estudio de las diferentes unidades desde el punto de vista hidrogeológico, la naturaleza y disposición de los materiales en la presente Hoja aconsejan agrupar las unidades para poder expresar de manera más clara el comportamiento hidrogeológico general.

En la recopilación de la información existente en la zona se ha detectado una ausencia casi absoluta de datos en la zona de afloramientos terciarios, centrándose la investigación hasta ahora realizada en los acuíferos limitrofes por el Sur, que constituyen el subsistema Sierra de Solorio, del Sistema 57 (Mesozoico de Monreal-Gallocanta) de los definidos por el IGME (1.970).

Los aspectos climatológicos de la zona se pueden resumir en una precipitación media anual del orden de 550-450 mm y un clima continental de inviernos fríos y veranos relativamente calurosos.

La zona pertenece a la Cuenca Hidrográfica del Ebro, y más concretamente a la subcuenca del río Jalón, que la recorre de Oeste a Este por su parte Norte. Origina un importante aluvial que es además eje principal de comunicaciones y concentración de los principales núcleos de población. Al Jalón confluyen por su margen izquierda los ríos Henar y Nágima, y por su margen derecha, arroyos, barrancos y cañadas de pequeña importancia individual pero significativos en su conjunto.

El Jalón, cuyos caudales se controlan periódicamente, sufre las siguientes modificaciones a lo largo de su curso.

— Recibe del río Nágima caudales que oscilan entre 0,678 m³/sg en octubre 79 y 0,149 m³/sg en agosto de 1.980.

— Del río Henar el máximo controlado en el mencionado informe es de 0,333 m³/sg en marzo-80 y el mínimo en agosto-80 con 0,015 m³/sg.

— En su conjunto, teniendo en cuenta los datos puntuales anteriores, el río Jalón recibe anualmente entre Arcos de Jalón y Cetina del orden de 15 Hm³ procedentes del Nágima y Henar, y en menor cuantía de los manantiales y cauces de la margen derecha. De los manantiales de Alhama de Aragón un caudal de 20 Hm³/año.

Dentro de la Hoja, en su vértice SE, discurre el río Mesa y se encuentran los manantiales de Jaraba. A pesar de su poco recorrido por la Hoja es interesante señalar que el río Mesa constituye el drenaje natural del sistema hidrogeológico Jurásico de la Sierra de Solorio.

Como puntos singulares del funcionamiento hidrogeológico existen dentro de la Hoja dos agrupaciones de manantiales, los de Alhama de Aragón (Canterero, Guajardo, Martínez, Termas y Alhama) y los de Jaraba (Jaraba, La Virgen, Serón y Sicilia) que aportan 20 Hm³/año al Jalón y 30 Hm³/año al río Mesa, respectivamente.

Las características químicas de las aguas de ambas agrupaciones difieren lo suficiente como para suponer un origen distinto que se corrobora al observar su situación respecto a los afloramientos cretácicos y jurásicos.

Así, los manantiales de Alhama de Aragón, que tienen aguas bicarbonatadas cálcicas, litínicas, magnésicas con mineralización alta y dureza de media a alta, indicarían una procedencia del acuífero cretácico, mientras que en Jaraba las aguas son cloruradas sódicas, bicarbonatadas, cálcico-magnésicas, con mineralizaciones ligeras y dureza media, a las que se atribuye una procedencia ligada a acuíferos jurásicos o mixtos (Jurásico-Cretácico).

Desde el punto de vista de la permeabilidad, las unidades cartografiadas pueden agruparse en:

- Muy permeables: Calizas y dolomías del Jurásico (no aflorante), calizas y dolomías del Cretácico y gravàs del Cuaternario.
- Permeabilidad media: Calizas del Mioceno superior y dolomías del Muschelkalk.
- Poco permeables: arcillas y conglomerados del Mioceno inferior, conglomerados Oligocenos Arenas de Utrillas y areniscas del Buntsandstein.
- Impermeables: Arcillas del Keuper y materiales paleozoicos.

Independientemente de esta primera clasificación, influyen, en la consideración como acuíferos de las distintas unidades, otros factores como la potencia, fracturación, posición respecto al nivel estático regional, relaciones con las formaciones limítrofes o la propia extensión de los afloramientos.

Teniendo en cuenta todos estos parámetros, en la medida en que son conocidos, se pueden hacer las siguientes consideraciones para las unidades cartografiadas de muro a techo.

- Conjunto cartográfico paleozoico: su carácter impermeable y su presencia reducida al vértice NE de la Hoja nos permiten descartarlo como potencial acuífero.
- Conjunto dolomítico del Muschelkalk: Potencialmente con permeabilidad media sólo tendría un interés muy localizado como acuífero y dada su baja potencia los rendimientos no serían importantes.
- Conjunto calco-dolomítico Jurásico. Aunque no aflora en la Hoja, constituye el acuífero principal del Sistema Sierra de Solorio, inmediatamente al Sur. Se drena por el río Mesa y en los manantiales de Jaraba, según hemos comentado al describir el quimismo de los mismos.

Constituye probablemente junto con el Cretácico el substrato de gran parte de la cuenca terciaria del Jalón, a cuyos materiales de borde cederá agua.

- Conjunto calco-dolomítico Cretácico superior. Conectado parcialmente con el acuífero jurásico sobre el que se dispone, constituye, al igual que aquél, un excelente acuífero que ocupa las zonas NE y S de la Hoja probablemente con comunicación entre ambas y se drena por los manantiales de Alhama de Aragón la parte Norte y por Jaraba y el río Mesa (en mezcla con el

Jurásico) la parte Sur.

La conexión parcial con el acuífero Jurásico, se pone de manifiesto al haberse detectado en él una respuesta más rápida a los fenómenos de sequía o precipitación.

El carácter termal (de termalismo bajo) de los manantiales de Alhama de Aragón está determinado por una serie de fallas profundas que con dirección NNO-SSE constituyen el contacto Terciario-Cretácico y probablemente condicionan la intrusión de materiales triásicos impermeables que fuerzan la surgencia de flujos profundos (para aumentar la temperatura de 15° a 35° con el grado geotérmico normal sólo hace falta una profundidad de 660 m).

En los manantiales de Jaraba probablemente se da la conjunción de dos sistemas de fracturas; el NNO-SSE mencionado para Alhama de Aragón, con otro ENE-OSO. Estos sistemas carbonatados, con las imágenes Landsat, determinan una serie de *horst* y *grabens* que constituirán el substrato del relleno terciario de la cuenca del Jalón. Este conjunto de fracturas afecta a los materiales cretácicos y jurásicos determinando la surgencia de una mezcla de aguas de ambos acuíferos.

— Unidades terciarias.

Los factores que condicionan el comportamiento hidrogeológico de las unidades terciarias son fundamentalmente la potencia, la litología y los cambios de facies.

Únicamente los conglomerados y las calizas pueden presentar una permeabilidad media y en nuestra zona sólo los conglomerados de borde podrían ser interesantes, ya que deben tener una comunicación hidrogeológica parcial con los mesozoicos sobre los que se apoyan.

El resto del terciario se comporta como un acuífero multicapa, pudiéndose obtener, como pone de manifiesto el escaso inventario de la zona, caudales de entre 1 y 15 l/seg en función de los niveles detríticos atravesados que serán más numerosos hacia los bordes.

Por último, es necesario reseñar que el aluvial cuaternario juega un importante papel de regulación de los caudales de los ríos, que se explota en pequeña medida en las proximidades de los núcleos urbanos y que es muy sensible a los problemas de contaminación que se produzcan en el río.

En resumen, sin descartar el aprovechamiento puntual de otras unidades, los acuíferos cretácico-jurásicos deberían ser el objetivo fundamental de los proyectos hidrogeológicos de gran alcance, teniendo en cuenta que el drenaje de los mismos se efectúa en gran medida a través de los manantiales de Alhama de Aragón y Jaraba. Se deberá, por tanto, intensificar la investigación de este acuífero bajo el terciario.

En cuanto a la calidad del agua no existen problemas de contaminación, pero no hay que olvidar la gran sensibilidad a los agentes contaminantes que ofrecen el acuífero jurásico-cretácico y el aluvial dada su permeabilidad elevada.

El ITGE y empresas colaboradoras actualizan periódicamente los datos de explotación, recursos, calidad, etc., mediante el seguimiento de redes de control piezométrico y de calidad.

La entrada en vigor de la nueva Ley de Aguas aumentará el protagonismo de las Confederaciones Hidrográficas y Entes Autonómicos, centralizándose en el futuro la información en los Planes Hidrológicos de Cuenca.



6. BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, M. J.; RAMÍREZ DEL POZO, J.; RIVA, O. (1.971): «Algunas precisiones sobre la sedimentación y paleoecología del Cretácico inferior en la zona de Utrillas-Villarroya de los Pinares (Teruel)». *Est. Geol.*, t. 27, págs. 497-512.
- AGUIRRE, E.; DÍAZ MOLINA, M.; PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1.976): «Datos paleomastológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Central española». *Trabajos del Neógeno y Cuaternario*, núm. 5, págs. 7-29.
- ÁLONSO, A.; FLOQUET, M.; MAS, R. y MELÉNDEZ, A. (1.986): «Ozigue et Evolution du detroit iberique au Crétace supezieur». *Memoires Geologiques de l'Université de Dijon*, núm. 11; págs. 79-80.
- ARENAS ABAD, C. et al. (1.987): «Memoria explicativa del sector de Alhama de Aragón (Provincia de Zaragoza)». *Excmo. Diputación Provincial de Zaragoza*, págs. 1-135.
- CAPOTE, R.; DÍAZ, M.; GABALDÓN, V.; GÓMEZ, J. J.; SÁNCHEZ DE LA TORRE, L.; RUIZ, P.; ROSELL, J.; SOPEÑA, A. y YÉBENES, A. (1.982): «Evolución sedimentológica y tectónica del Ciclo Alpino en el tercio noroccidental de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica». *Temas Geológicos-Mineros*. IGME. Madrid, págs. 1-299.
- CAPOTE, R. y GONZÁLEZ LODEIRO, F. (1.983): «La estructura hercínica en los afloramientos paleozoicos de la Cordillera Ibérica». *Geología de España. Libro Jubilar de J. M. RIOS*, t. I, págs. 513-529.
- CASAS SAINZ, A. (1.987): «El estado de esfuerzos durante el Terciario en la Depresión de Arendó (La Rioja)». *Acta Geológica Hispánica*, (en prensa).
- CASTELL, J. y DE LA CONCHA, S. (1.956): «Memoria explicativa de la Hoja núm. 462 (Maranchón)». IGME.
- CASTELL, J. y DE LA CONCHA, S. (1.959): «Memoria explicativa de la Hoja núm. 435 (Arcos de Jalón)». IGME.
- COMAS RENGIFO, M. J. y GOY GOY, A. (1.975): «Estratigrafía y Paleontología del Jurásico de Ribaredonda (Guadalajara)». *Estudios Geológicos*, 31, págs. 297-339.
- DAAMS, R. (1.976): «Miocene Rodents (Mammalia) from Cetina de Aragón (prov. Zaragoza) and Buñol (prov. Valencia), Spain». *Kon. Ned. Akad. Wet. Proc. Series B*, 79(3), págs. 152-182.
- ETCHECOPAR, A.; VASSEUR, G. y DAIGNIERES, M. (1.981): «An inverse problem in microtectonics for the determination of stress tensors from fault population analysis». *J. Struct. Geol.*, 3(1), págs. 51-65.
- FERREIRO, E. y RUIZ, V. (1.986): «Mapa geológico de España. Escala 1:200.000 núm. 40 (Daroca)». 2.ª serie IGME (en prensa).
- FLOQUET, M.; MELÉNDEZ, A. y PEDAUYE, R. (1.981): «El Cretácico superior de la región de Alhama de Aragón (Borde septentrional de la rama castellana de la Cordillera Ibérica)». Libro Guía. *Jornadas de Campo sobre el Cretácico de la Cordillera Ibérica (Sector Central)*.

- FLOQUET, M.; MELÉNDEZ, A. (1.982): «Características sedimentarias y paleogeográficas de la regresión finicretácica en el Sector Central de la Cordillera Ibérica». *Cuadernos de Geología Ibérica*, núm. 8, págs. 237-258.
- FLOQUET, M.; ALONSO, A. y MELÉNDEZ, A. (1.982): «El Cretácico superior de la Sierra de Cameros-Castilla». *Cretácico de España*, págs. 387-456.
- GARRIDO MEGÍAS, A. y VILLENA MORALES, J. (1.977): «El Triásico Germánico en España: Paleogeografía y Estudio secuencial». *Cuadernos de Geología Ibérica*, núm. 4, págs. 37-56.
- GARRIDO MEGÍAS, A. (1.982): «Introducción al análisis tectosedimentario: Aplicación al Estudio Dinámico de Cuencas». *Actas del V Congreso Latino-americano de Geología. Argentina*, 1, págs. 385-402.
- GLADFELTER, B. G. (1.971): «Meseta and Campiña landforms in Central Spain. A Geomorphology of the Alto Henares Basin». *The University of Chicago. Department of Geography Research paper*, núm. 130, 204 págs.
- GOY, A.; GÓMEZ, J. J. y YÉBENES, A. (1.976): «El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (mitad Norte). I Unidades Litoestratigráficas». *Estudios Geológicos*, núm. 32(4), págs. 391-423.
- GRACIA PRIETO, F. J. y SIMÓN GÓMEZ, J. L. (1.986): «El campo de fallas miocenas de la Bárdena Negra (provs. de Navarra y Zaragoza)». *Bol. Geol. Min.*, 97(6), págs. 693-703.
- HERNÁNDEZ PACHECO (1.954): «Estudio hidrogeológico de las termas de Alhama de Aragón (Zaragoza)». *Annales. Real Academia de Farmacia XX* (4).
- IGME (1.970): «Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas». (PIAS).
- IGME (1.971): «Mapa de Rocas Industriales a escala 1:200.000, núm. 31», de Soria.
- IGME (1.981a): «Mapa Geológico de España 1:50.000, Hoja núm. 434 (Barahona)».
- IGME (1.981b): «Mapa Geológico de España 1:50.000, Hoja núm. 462 (Maranchón)».
- IGME (1.981c): «Mapa Geológico de España 1:50.000, Hoja núm. 463 (Milmarcos)».
- IGME (1.986): «Memoria explicativa de la Hoja, núm. 40 DAROCA 1.200.000».
- JOSOPAIT, V. (1.972): «Das Kambziun-Tremadoc. Ateca (NE Spanien)». *Fors. Geol. Paläont.* núm. 23, págs. 3-121. Munster.
- JUVIVERT, M.; FONTBOTE, J. M.; RIBEIRO, A. y CONDE, C. (1.972-1.974): «Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares. IGME, pág. 113.
- LOTZE, F. (1.929): «Stratigraphie und tektonica des Keltibezischen Grundgebizges (Spanien)». *Beirt. Geol. Westmedit. Gebiet. 3 Abh. Ges. Win. Z. Gottingen. Math. Phys. N. F. 14/2*). *Traducción Española. Publicaciones Extranjeras Geológicas Españolas*. IGME, págs. 81-315 (1.954-55).

- LUNAR, R. y SÁNCHEZ CELA, V. (1.973): «Estudio Geológico-petroológico del Cretácico de los alrededores de Alhama de Aragón». *Estudios Geológicos*, XXIX, págs. 523-541.
- MELÉNDEZ, A. (1.983): «Estudio estratigráfico, sedimentológico y paleogeográfico del Cretácico superior». Memoria explicativa. Hoja 1:200.000 Teruel. IGME.
- MELÉNDEZ, A. y PEDAUYE, R. (1.980): «Estudio de las facies carbonatadas del Cretácico superior de la región de Nuévalos (prov. de Zaragoza)». *IX Congreso Nacional de Sedimentología*, Salamanca, págs. 1-11.
- MELÉNDEZ, A.; PARDO, G.; PENDÓN, J. G. y VILLENA, J. (1.982): «Una etapa de comunicación entre las cuencas de Calatayud y Almazán durante el Mioceno superior» *Temas Geológicos y Mineros*, 6, págs. 415-429. IGME.
- MOJICA, J. y WIEDMAN, J. (1.977): «Kreiden-Entwicklung und Cenomanien-Turonien-Gzenze der mittleren Keltibezischen Ketten bei Nuevalos (Prov. de Zaragoza. Spanien)». *Eclogae Geol. Helvetiae*, 70(3), págs. 739-759. Basel.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A.; VILAS, L.; BRELL, J. M. y BERTOLÍN, M. (1.971): «Las series continentales al E de la Sierra de Altamira». *I Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica 1ª Sección* págs. 357-376.
- RAMOS, A. (1.979): «Decouverte d'une microflore Thuringienne dans le Buntsandestein de la Cordillere Iberique (Espagne)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, 289 (D), págs. 525-528.
- RAMSAY, J. G. (1.977): «Plegamiento y fracturación de Rocas». *Ediciones Blume*. Madrid.
- SÁNCHEZ DE LA TORRE, L. (1.963): «El borde mioceno en Arcos de Jalón». *Est. Geol.*, XIX, págs. 109-136.
- SÁNCHEZ DE LA TORRE, L. (1.974): «Cuenca de Almazán». *Col. Intern. Bioestratigrafía Cont. Neogen. sup. Cuat. Inf. Libro-Guía*, págs. 29-30, CSIC.
- SCHMITZ, V. (1.971): «Stratigraphie und sedimentologie in Kambzium und Tremadoc dec Westlichen Iberischen nordlich. Ateca (Zaragoza). NE Spanien». *Munsters*.
- SIMÓN GÓMEZ, J. L. (1.986): «Analysis of a gradual change in stress regime (example from the eastern Iberian Chain, Spain)». *Tectonophysics*, 124, págs. 37-53.
- SIMÓN GÓMEZ, J. L. y APARICIO CARDONA, J. (1.988): «Sobre la compresión neógena en la Cordillera Ibérica». *Estudios Geol.*, (en prensa).
- TAPPONIER, P. y MOLINAR, P. (1.976): «Slip-line field theory and large-scale continental tectonics». *Nature*, 264, págs. 319-324.
- TEJERO LÓPEZ, R. M.^a (1.987): «Tectónica de los Macizos paleozoicos al NE de Calatayud. Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (Prov. de Zaragoza). Tesis doctoral U C. Madrid.

- VILAS, L.; HERNANDO, S.; GARCÍA QUINTANA, A.; RINCÓN, R. y ARCHE, A. (1.977): «El Triásico en la región de Monterde-Alhama de Aragón (provincia de Zaragoza)». *Cuad. Geol. Ibérica*, 4, págs. 467-484.
- VIRGILI, C. (1.977): «Le Trias du Nord de l'Espagne». *Bull. BRGM*, 4(3), págs. 205-213.
- VIRGILI, C.; SOPENA, A.; RAMOS, A. y HERNANDO, S. (1.977): «Problemas de la cronoestratigrafía del Trías en España». *Cuad. Geol. Ibérica*, 4, págs. 57-88.
- WOLF, R. (1.980): «The Lower and upper boundary of the Ordovician system of some selected regions (Celtiberia, Eastern. Sierra Morena) in Spain. Part 1: The Lower Ordovician sequence of Celtiberia». *N. Jb. Geol. Paleont. Abh.*, 160(1), págs. 118-137. Stuttgart.