



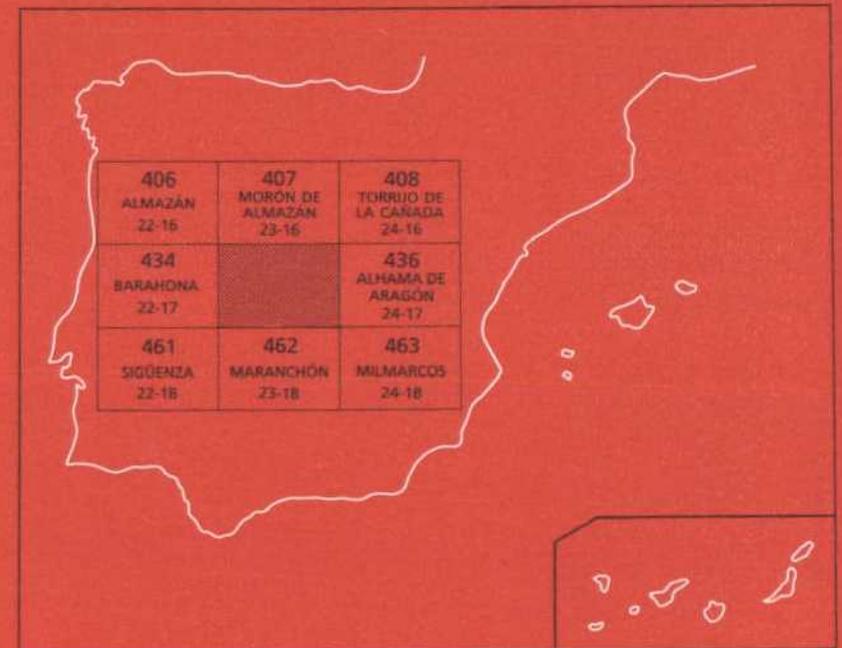
Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

435
23-17

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:1:50.000

Segunda serie - Primera edición



ARCOS DE JALÓN



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

El Instituto Tecnológico GeoMinero de España, ITGE, que incluye, entre otras, las atribuciones esenciales de un «Geological Survey of Spain», es un Organismo autónomo de la Administración del Estado, adscrito al Ministerio de Industria Comercio y Turismo, a través de la Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales (R.D. 1270/1988, de 28 de octubre). Al mismo tiempo, la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica le reconoce como Organismo Público de Investigación. El ITGE fue creado en 1849.

Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

ARCOS DE JALÓN

Primera edición

MADRID, 1991

Fotocomposición: Cartografía Madrid, S.A.

Depósito Legal: M-38017-1991

NIPO: 232-91-001-4

ARCOS DEL JALÓN

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 Instituto Tecnológico GeoMinero de España (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.

Colaboradores

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

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

Gómez Fernández, J. J. (Universidad Complutense de Madrid). Ferreiro Padin, E. (INTECSA). Sedimentología de carbonatos del Jurásico.

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

Gutiérrez Elorza, M.; Benito Fernández, G. y Sancho Marcen, C. Geomorfología.

Ruiz Fernández de la Lopa, V. (INTECSA). Geología Económica-Hidrogeología.

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

Granados Granados, L. (ENADIMSA). Micropaleontología.

ENADIMSA. Laboratorios.

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.
- Album fotográfico.
- Demás información varia.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
1. ESTRATIGRAFÍA	11
1.1. Triásico	11
1.1.1. Areniscas y arcillas rojas (1). Facies Buntsandstein	11
1.1.2. Facies Muschelkalk	13
1.1.2.1. Dolomías tableadas (2)	15
1.1.2.2. Dolomías, margas, arcillas y limolitas (3)	15
1.1.3. Arcillas, margas y yesos (4). Facies Keuper	16
1.2. Tránsito Triásico-Jurásico	16
1.2.1. Formaciones Dolomías tableadas de Imón y Carniolas de Cortes de Tajuña (5). Noriense-Sinemuriense	17

1.3.	Jurásico	18
1.3.1.	Formación Alternancia de calizas y dolomías de Cuevas Labradas (6). Sinemuriense-Pliensbachiense	18
1.3.2.	Formaciones de Margas grises del Cerro del Pez y calizas bioclásticas de Barahona (7). Pliensbachiense	21
1.3.3.	Formación Alternancia de margas y calizas de Turmiel (8). Toarciense ..	22
1.3.4.	Formación Carbonatada de Chelva. (9). Dogger	22
1.4.	Cretácico	24
1.4.1.	Cretácico inferior	24
1.4.1.1.	Facies Weald (10). Arcillas, margas y dolomías	25
1.4.1.2.	Formación Arenas y areniscas de Utrillas (11). Albiense Cenomaniense	25
1.4.2.	Cretácico superior	26
1.4.2.1.	Formación Arenas, arcillas y calizas de Santa María de las Hoyas (12). Cenomaniense inferior	26
1.4.2.2.	Formación Calizas dolomíticas de Nuévalos (13). Cenomaniense superior	26
1.4.2.3.	Formación Calizas nodulosas de Monterde (14). Turoniense inferior	27
1.4.2.4.	Formación Calizas bioclásticas de Jaraba (15). Turoniense	28
1.4.2.5.	Formación Calizas dolomíticas del pantano de la Tranquera (16). Coniaciense s.l.	28
1.4.2.6.	Formación Calizas bioclásticas de Hontoria del Pinar (17). Santoniense	30
1.5.	Terciario	30
1.5.1.	Conglomerados, areniscas y arcillas (18). Mioceno-¿Plioceno inferior?	32
1.5.2.	Calizas, margocalizas, caliches, areniscas y arcillas (19). Mioceno inferior	33
1.5.3.	Areniscas y arcillas marrones (20). Mioceno medio	34
1.5.4.	Yesos, arcillas y areniscas (21). Mioceno medio	35
1.5.5.	Calizas y margocalizas (22). Mioceno medio	36
1.5.6.	Areniscas, arcillas, margas, calizas y yesos (23). Mioceno medio	36
1.5.7.	Calizas, margocalizas y arcillas (24). Mioceno superior	37
1.5.8.	Arcillas marrones (25). Mioceno superior-Plioceno	38
1.5.9.	Calizas oquerosas (26). Plioceno	38
1.5.10.	Brechas calcáreas y oncolíticas (27). Plioceno	39
1.6.	Cuaternario	39
1.6.1.	Arcillas y gravas (28). Glacis	39
1.6.2.	Gravas, arenas y arcillas (29). Terrazas	39
1.6.3.	Arcillas y limos (30). Depósitos aluviales	40

1.6.4.	Derrubios de ladera (31)	40
1.6.5.	Cuaternario Indiferenciado (32)	40
2.	TECTÓNICA	40
2.1.	Descripción macroestructural	41
2.1.1.	Sector de Medinaceli	41
2.1.2.	Estructura del contacto entre Mesozoico y Terciario de la Cuenca de Almazán	42
2.1.3.	Cuenca de Almazán	42
2.2.	Análisis microestructural	42
2.3.	Interpretación tectónica	43
3.	GEOMORFOLOGÍA	47
4.	HISTORIA GEOLÓGICA	50
5.	GEOLOGÍA ECONÓMICA	54
5.1.	Minería y canteras	54
5.2.	Hidrogeología	56
6.	BIBLIOGRAFÍA	59

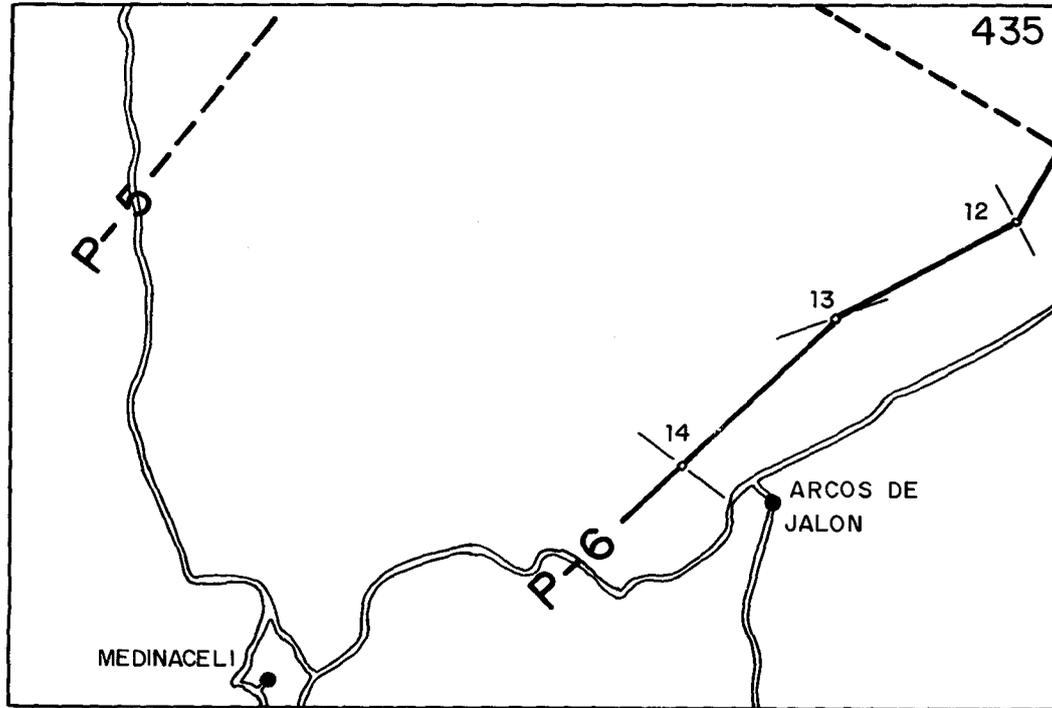
INTRODUCCION

Esta memoria pretende explicar de forma sintética las características estratigráficas, tectónicas y geomorfológicas de las distintas formaciones geológicas que han sido reconocidas en campo, así como su Historia geológica. A esto se añade un breve capítulo referente a sus recursos económicos en los aspectos hidrogeológicos y mineros respectivamente.

La Hoja de Arcos de Jalón (435) se encuentra situada entre dos grandes dominios geográficos. De un lado la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica y del otro la Cuenca de Almazán, apéndice oriental de la Cuenca del Duero. Es atravesada, por su parte meridional por el río Jalón, arteria principal, que sirve de paso a las vías de comunicación entre la Meseta y Aragón. Sus núcleos urbanos más importantes son precisamente los aledaños al mencionado río, tales como Arcos de Jalón, Medinaceli y Santa María de Huerta, así como otros de menor importancia al Norte de la Hoja; Utrillas, Almaluez y Aguaviva de la Vega, estos en el valle del arroyo Margón o de Santa Cristina.

La Hoja presenta una altitud media superior a los 900 m, con cotas máximas entre los 1.200 m y 1.250 m. al Oeste de Medinaceli. Su punto más bajo se sitúa en el límite oriental de la Hoja, junto al cauce del río Jalón.

En el aspecto geológico, al igual que en el geográfico, dos son los dominios existentes. De un lado, los relieves estructurales de la Cordillera Ibérica, ocupada en su totalidad por materiales de edades comprendidas entre el Triásico inferior y Cretácico superior, y por otro lado, la Cuenca Terciaria de Almazán, ocupada íntegramente por materiales detríticos y carbonatados del Neógeno. Ambos dominios se encuentran dentro de la Hoja claramente separados por un borde tectónico activo, al menos durante el Terciario, y cubierto en parte por materiales detríticos gruesos del Neógeno.



ESCALA 1 : 200.000

LEYENDA

— — — Perfil sísmico

—○— Sondeo eléctrico vertical

———— Perfil eléctrico

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

Se ha realizado un informe complementario sobre la geofísica de la cuenca de Almazán, en la que se ha 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 sísmicos y de los sondeos eléctricos verticales que se han reinterpretado y realizado respectivamente.

1. ESTRATIGRAFÍA

1.1. TRIÁSICO

Los materiales más antiguos que afloran en la Hoja de Arcos de Jalón (435) corresponden al Triásico de facies germánicas y se localizan en el cuadrante suroccidental de la Hoja. Se presentan en direcciones estructurales E-O y NO-SE coincidente en este sector con las direcciones principales de la Cordillera Ibérica.

Dentro de este Sistema es posible diferenciar un Triásico inferior en Facies Buntsandstein, un Triásico medio en Facies Muschelkalk y un Triásico superior en Facies Keuper.

Respecto al conocimiento que se tiene del Triásico en la Cordillera Ibérica, y en concreto que tenga que ver con la región, caben destacar los trabajos de VIRGILI (1.977) y VIRGILI *et al.* (1.977) que establecen dataciones de las distintas unidades, señalando su diacronía sobre todo en el límite inferior. GARRIDO MEGÍAS *et al.* (1.977) establecen el estudio secuencial para el Triásico germánico, así como su paleogeografía. 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 ubicada en las regiones occidentales y meridionales de la zona de estudio.

1.1.1. Areniscas y arcillas rojas (1). Facies Buntsandstein

Esta unidad, que reposa regionalmente mediante una discordancia sobre el Paleozóico, constituye la base de los relieves en cuesta que se alinean paralelos a las direcciones principales de la Cordillera Ibérica.

En la Hoja de Arcos de Jalón, la Facies Buntsandstein, al igual que en zonas más septentrionales y meridionales, forma parte del «Surco Ibérico» de la rama castellana, y dada su posición cercana al «Umbral de Ateca, su potencia es algo más reducida que en las ya mencionadas. Ello debido a la calidad de afloramiento y a que no aflora la parte inferior de la unidad.

Para el estudio de estas facies, se han levantado cortes parciales en Miño de Medinaceli y en la carretera nacional II, entre el p. k. 157 y p. k. 158.

La característica litológica común en toda la zona observada, así como en los cortes realizados, es la gran abundancia de areniscas en relación con la arcilla. En el corte realizado en la CN II se observan cuatro tramos característicos (Fig. 2). Un primer tramo de unos 26 m de espesor, en el que se aprecian cuerpos canalizados de areniscas de grano medio, rojizas y con cantos dispersos

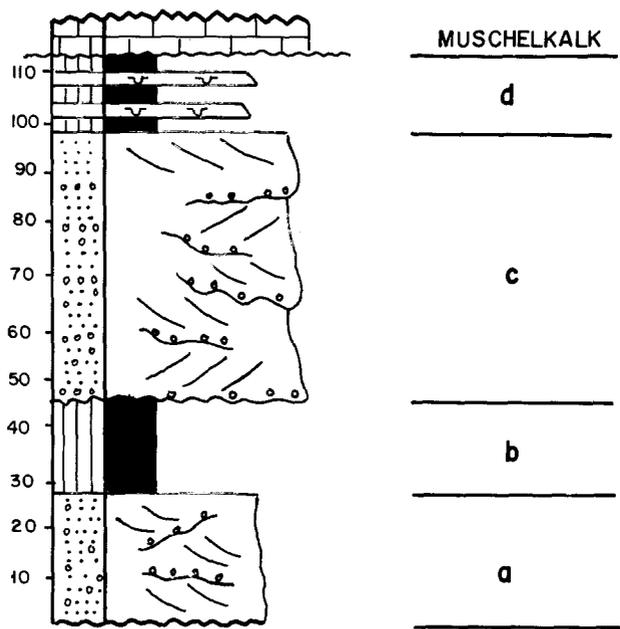


Fig.- 2 Columna sintética de la zona de Medinaceli

de cuarcita de pequeño tamaño. Estos cuerpos presentan facies de desbordamiento con una granulometría menor, una rápida transición de arenisca a arcilla y un adelgazamiento progresivo desde el margen del canal a la zona de inundación en la que se aprecian la presencia de *climbing ripples* como única estructura interna.

Un segundo tramo de unos 18 m de espesor predominantemente arcilloso, en el que se intercalan areniscas de grano fino a muy fino en capas delgadas sin estructura interna y bioturbadas. Las arcillas presentan señales de pedogenización. El conjunto responde en su totalidad a facies de desbordamiento.

A continuación, un tercer tramo de 52 m de espesor de cuerpos areniscos que dan en el relieve un escalonado muy característico, y generalmente individualizados por pequeños niveles arcillosos. Cada cuerpo arenoso está formado por una superposición de barras y esporádicos canales, en los que es frecuente observar laminaciones cruzadas de tipo planar y raras veces estratificación cruzada en surco, con *lag* de cantos blandos en la base.

Por último, el tramo superior, de unos 14 m de espesor, es también dominante en arcilla, al igual que el segundo, con cuerpos areniscos en un solo ciclo granodecreciente con láminas cruzadas de bajo régimen de flujo y en algunos casos estratificación sigmoidal (*sigmoidal bundle*). Las arcillas entre los canales presentan indicios de edafización.

Desde el punto de vista sedimentológico los tres primeros tramos se interpretan como depositados en un medio fluvial en régimen trenzado, aislados entre llanuras de inundación lutíticas. Respecto al tramo superior, se podría interpretar de dos formas diferentes, una de ellas como un régimen mareal que afecta sólo a los canales; o bien, como un medio fluvial con caídas de flujo periódicas o muy fuertes.

En el aspecto cronoestratigráfico, esta facies la situamos como base del Triásico, y sólo en función de su posición litoestratigráfica, ya que no ha sido reconocido contenido fosilífero alguno.

1.1.2. **Facies Muschelkalk**

En este apartado, que corresponde a la Facies Muschelkalk, se han considerado dos unidades cartográficas distintas. En la base, una unidad fundamentalmente dolomítica (2) y en la parte superior otra de carácter margo-calcáreo (3) que lateralmente pasa a facies lutíticas y arenosas.

El tránsito en la Hoja entre la Facies Buntsandstein y la Facies Muschelkalk, se realiza mediante una superficie de erosión. Esta sería equivalente a la totalidad o casi totalidad de los sedimentos en Facies Buntsandstein del «Umbral de Ateca», GARRIDO *et al.* (1.977), que de forma esquemática representamos en la figura 3. Este aspecto lo consideramos, sin soporte estratigráfico alguno, equivalente lateral de la Facies Muschelkalk.

En la Hoja, esta facies sigue una dirección preferencial E-O y ONO-ESE, desviándose de la directriz principal NO-SE de la Cordillera Ibérica.

De los tres tramos litológicos citados en la bibliografía, que son reconocibles en regiones más

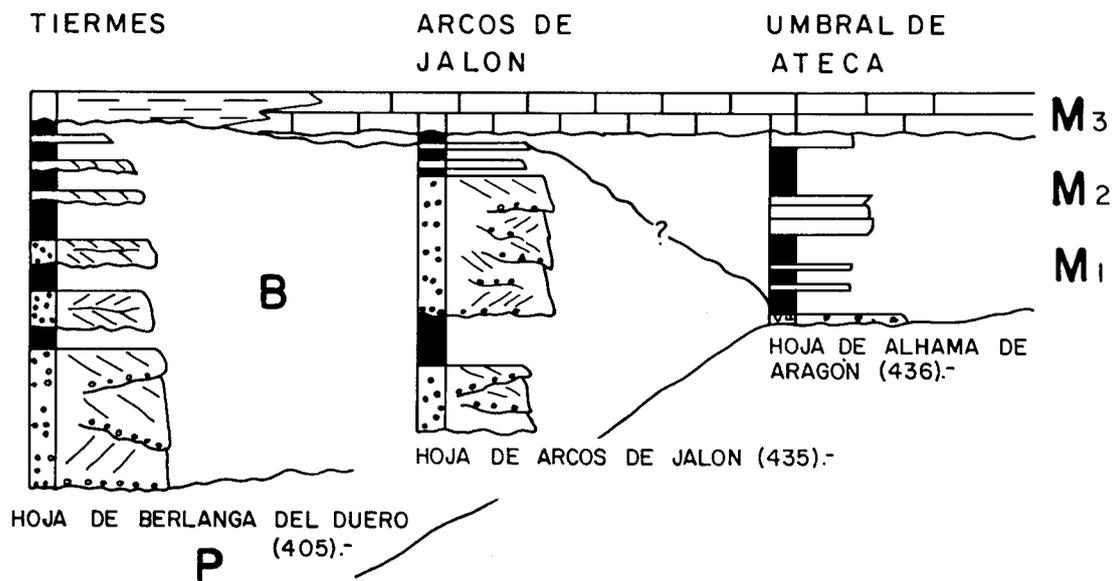


Fig.-3 Esquema de correlación supuesta entre columnas de las áreas estudiadas P- Pérmico. B Buntsandstein.

M1- Muschelkalk inferior. M2- Muschelkalk medio. M3- Muschelkalk superior.

meridionales, sólo los materiales correspondientes al tramo superior afloran en ésta parte de la Cordillera, y en concreto dentro de la Hoja.

Para su estudio, se han realizado tres perfiles completos: Jubera y Lodares en el borde Sur, con espesores entre 50 y 40 m; y Miño de Medinaceli en el borde occidental. Los dos primeros presentan características similares entre sí. En el tercero existen claras diferencias de carácter litológico y sedimentológico consistentes en la aparición de tramos margosos rojos y verdes, intercalados en la serie dolomítica, y arenas y lutitas arenosas sobre las que aparecen dolomías estratificadas y tableadas. Representa, por consiguiente, un cambio lateral de facies.

1.1.2.1. *Dolomías tableadas (2)*

En los cortes realizados en Jubera y Lodares esta unidad cartográfica presenta una sucesión carbonatada consistente en dolomías con estratificación ondulada y superficies de *ripples*, en la base. Una parte media de dolomías con nódulos de sílex que se disponen preferentemente según la estratificación. Y una parte superior consistente en unos tramos más detríticos con niveles que presentan abundantes estructuras de corriente y oleaje (estratificación cruzada en surco y planar de pequeña escala, *ripples* de oscilación y laminación paralela). Todo este conjunto culmina con un paquete de dolomías bioturbadas con estratificación irregular, porosidad móldica y superficies ferruginosas.

Por otro lado, el sector occidental representado en el corte de Miño de Medinaceli muestra a esta unidad con numerosos tramos margosos de tonalidades verdosas y rojizas.

Respecto a la interpretación sedimentológica de la unidad, ésta se considera depositada en una llanura de mareas progresiva, con predominio de ambientes intermareales.

1.1.2.2. *Dolomías, margas, arcillas y limolitas (3)*

En continuación estratigráfica, y sobre el tramo dolomítico basal, aparece un conjunto de alternancias de capas delgadas de calizas y margas, en secuencias sedimentarias margo-calizas de escala métrica. Las margas se encuentran frecuentemente bioturbadas y las calizas muestran laminación paralela, laminación «estromatolítica», *ripples* de oscilación, porosidad fenestral, grietas de desecación y *teppes*.

Todo este conjunto se interpreta, desde el punto de vista sedimentológico como depositado en una llanura supramareal que incluye zonas de *sabkhas* sobre la llanura fangosa dominante.

Respecto a los tramos detríticos que aparecen en la serie de Miño de Medinaceli, representan, como se ha dicho con anterioridad, un cambio lateral de las facies calco-margosas. Reflejan unas condiciones próximas al continente donde la energía del medio es mayor, dando lugar a depósitos con estructuras originadas a partir de un medio fluvial y/o mixto.

1.1.3. Arcillas, margas y yesos (4). Facies Keüper

Esta unidad aparece sobre las facies dolomíticas y/o margosas del Muschelkalk, mediante un contacto transicional neto. 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 la Hoja manifiesta un carácter diapírico, sobre todo en las cercanías al cauce del río Jalón.

Litológicamente está constituida por arcillas rojas, margas, limolitas, y localmente se encuentran niveles de yesos blancos y rojos, sobre todo en la parte superior de la unidad, donde es frecuente encontrar cuarzos idiomorfos y cristales de aragonito de tamaño pequeño.

Su potencia presenta una gran variedad lateral y es difícil de calcular dado su carácter plástico; sin embargo, en la localidad de Jubera se han podido medir, entre la Facies Muschelkalk y las Carniolas del Lías, un total de 60 m, aunque bastante cubierto por derrubios de ladera.

En este área no se ha podido levantar ninguna columna y, por tanto, no se han diferenciado los tramos descritos por VILAS *et al.* (1.977), y CAPOTE *et al.* (1.982). Solamente se han observado con claridad el tramo basal, que está constituido por lutitas rojas en las que se intercalan con frecuencia niveles yesíferos, y en algún caso niveles de arena de escasa potencia con laminación cruzada. Y la parte final de la unidad, constituida por arcillas yesíferas y yesos con cuarzos idiomorfos y aragonitos.

Según VILAS *et al.* (1.977), y CAPOTE *et al.* (1.982) este tipo de facies presenta unas características texturales y estructurales que permiten su interpretación como correspondientes a depósitos en ambientes de *lagoon* hipersalino o *sabkhas* continentales en clima árido, con etapas de intensa evaporación. VIRGILI (1.977) y VIRGILI *et al.* (1.977) atribuyen a esta facies una edad Triásico superior (Carniense-Noriense) para la rama castellana de la Cordillera Ibérica.

El límite superior de la unidad lo constituye en esta región, de manera irregular y discontinua, la Formación dolomías tableadas de Imón y/o la Formación carniolas de Cortes de Tajuña.

1.2. TRÁNSITO. TRIÁSICO-JURÁSICO

Los materiales en facies carbonatadas correspondientes al Triásico superior y Jurásico inferior afloran en el ángulo suroeste de la Hoja, donde alcanzan un notable desarrollo. Para su estudio se ha levantado una sección prácticamente completa, con excelentes condiciones de afloramiento y, partiendo de las proximidades de la aldea de Yuba.

Las unidades cartográficas utilizadas se corresponden con las definidas por GOY, GÓMEZ y YÉBENES (1.976), y GÓMEZ y GOY (1.979), por lo que serán utilizadas para describir las características de los materiales contenidos en ellas y diferenciadas en cartografía. En este sentido se han considerado como unidades cartográficas dentro del tránsito Triásico-Jurásico la Formación dolomías tableadas de Imón y la Formación carniolas de Cortes de Tajuña. Esta última prácticamente en su totalidad dentro del Jurásico inferior, aunque su base la consideramos como Triásico superior.

meridionales, sólo los materiales correspondientes al tramo superior afloran en ésta parte de la Cordillera, y en concreto dentro de la Hoja.

Para su estudio, se han realizado tres perfiles completos: Jubera y Lodaes en el borde Sur, con espesores entre 50 y 40 m; y Miño de Medinaceli en el borde occidental. Los dos primeros presentan características similares entre sí. En el tercero existen claras diferencias de carácter litológico y sedimentológico consistentes en la aparición de tramos margosos rojos y verdes, intercalados en la serie dolomítica, y arenas y lutitas arenosas sobre las que aparecen dolomías estratificadas y tableadas. Representa, por consiguiente, un cambio lateral de facies.

1.1.2.1. *Dolomías tableadas (2)*

En los cortes realizados en Jubera y Lodaes esta unidad cartográfica presenta una sucesión carbonatada consistente en dolomías con estratificación ondulada y superficies de *ripples*, en la base. Una parte media de dolomías con nódulos de sílex que se disponen preferentemente según la estratificación. Y una parte superior consistente en unos tramos más detríticos con niveles que presentan abundantes estructuras de corriente y oleaje (estratificación cruzada en surco y planar de pequeña escala, *ripples* de oscilación y laminación paralela). Todo este conjunto culmina con un paquete de dolomías bioturbadas con estratificación irregular, porosidad móldica y superficies ferruginosas.

Por otro lado, el sector occidental representado en el corte de Miño de Medinaceli muestra a esta unidad con numerosos tramos margosos de tonalidades verdosas y rojizas.

Respecto a la interpretación sedimentológica de la unidad, ésta se considera depositada en una llanura de mareas progresiva, con predominio de ambientes intermareales.

1.1.2.2. *Dolomías, margas, arcillas y limolitas (3)*

En continuación estratigráfica, y sobre el tramo dolomítico basal, aparece un conjunto de alternancias de capas delgadas de calizas y margas, en secuencias sedimentarias margo-calizas de escala métrica. Las margas se encuentran frecuentemente bioturbadas y las calizas muestran laminación paralela, laminación «estromatolítica», *ripples* de oscilación, porosidad fenestral, grietas de desecación y *teppes*.

Todo este conjunto se interpreta, desde el punto de vista sedimentológico como depositado en una llanura supramareal que incluye zonas de *sabkhas* sobre la llanura fangosa dominante.

Respecto a los tramos detríticos que aparecen en la serie de Miño de Medinaceli, representan, como se ha dicho con anterioridad, un cambio lateral de las facies calco-margosas. Reflejan unas condiciones próximas al continente donde la energía del medio es mayor, dando lugar a depósitos con estructuras originadas a partir de un medio fluvial y/o mixto.

1.1.3. Arcillas, margas y yesos (4). Facies Keüper

Esta unidad aparece sobre las facies dolomíticas y/o margosas del Muschelkalk, mediante un contacto transicional neto. 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 la Hoja manifiesta un carácter diapírico, sobre todo en las cercanías al cauce del río Jalón.

Litológicamente está constituida por arcillas rojas, margas, limolitas, y localmente se encuentran niveles de yesos blancos y rojos, sobre todo en la parte superior de la unidad, donde es frecuente encontrar cuarzos idiomorfos y cristales de aragonito de tamaño pequeño.

Su potencia presenta una gran variedad lateral y es difícil de calcular dado su carácter plástico; sin embargo, en la localidad de Jubera se han podido medir, entre la Facies Muschelkalk y las Carniolas del Lías, un total de 60 m, aunque bastante cubierto por derrubios de ladera.

En este área no se ha podido levantar ninguna columna y, por tanto, no se han diferenciado los tramos descritos por VILAS *et al.* (1.977), y CAPOTE *et al.* (1.982). Solamente se han observado con claridad el tramo basal, que está constituido por lutitas rojas en las que se intercalan con frecuencia niveles yesíferos, y en algún caso niveles de arena de escasa potencia con laminación cruzada. Y la parte final de la unidad, constituida por arcillas yesíferas y yesos con cuarzos idiomorfos y aragonitos.

Según VILAS *et al.* (1.977), y CAPOTE *et al.* (1.982) este tipo de facies presenta unas características texturales y estructurales que permiten su interpretación como correspondientes a depósitos en ambientes de *lagoon* hipersalino o *sabkhas* continentales en clima árido, con etapas de intensa evaporación. VIRGILI (1.977) y VIRGILI *et al.* (1.977) atribuyen a esta facies una edad Triásico superior (Carniense-Noriense) para la rama castellana de la Cordillera Ibérica.

El límite superior de la unidad lo constituye en esta región, de manera irregular y discontinua, la Formación dolomías tableadas de Imón y/o la Formación carniolas de Cortes de Tajuña.

1.2. TRÁNSITO. TRIÁSICO-JURÁSICO

Los materiales en facies carbonatadas correspondientes al Triásico superior y Jurásico inferior afloran en el ángulo suroeste de la Hoja, donde alcanzan un notable desarrollo. Para su estudio se ha levantado una sección prácticamente completa, con excelentes condiciones de afloramiento y, partiendo de las proximidades de la aldea de Yuba.

Las unidades cartográficas utilizadas se corresponden con las definidas por GOY, GÓMEZ y YÉBENES (1.976), y GÓMEZ y GOY (1.979), por lo que serán utilizadas para describir las características de los materiales contenidos en ellas y diferenciadas en cartografía. En este sentido se han considerado como unidades cartográficas dentro del tránsito Triásico-Jurásico la Formación dolomías tableadas de Imón y la Formación carniolas de Cortes de Tajuña. Esta última prácticamente en su totalidad dentro del Jurásico inferior, aunque su base la consideramos como Triásico superior.

1.2.1. Formaciones Dolomías tableadas de Imón y Carniolas de Cortes de Tajuña (5). Noriense-Sinemuriense

Esta unidad cartográfica está integrada por las Formaciones Imón y Carniolas de Cortes de Tajuña, la primera de ellas tan sólo se ha podido reconocer a lo largo de la carretera de Medinaceli a Soria, en afloramientos aislados junto a la carretera nacional II de Madrid a Barcelona y por supuesto, en el corte realizado en la aldea de Yuba. Generalmente, la falta de continuidad de la formación se debe a la mecanización existente entre el techo de la Facies Keuper y las primeras formaciones carbonáticas del Jurásico inferior.

En la sección de Yuba, esta formación se encuentra constituida por un conjunto de dolomías cristalinas grises a beige, que se disponen bien estratificadas en capas de 10 a 70 cm de potencia. Su espesor, medido en la sección de Yuba, es de poco más de 34 m.

Entre las estructuras sedimentarias reconocidas cabe destacar la presencia de *rills* bioclásticos, laminación cruzada de *ripples* y laminaciones debidas a tapices de algas. En conjunto estas estructuras sedimentarias se ordenan en secuencias de somerización del tipo de las representadas en la figura 3a. Su sedimentación se ha llevado a cabo en un ambiente submareal de plataforma interna a un ambiente intermareal.

No se han encontrado fósiles en las dolomías que componen esta formación, por lo que su edad no ha podido ser determinada. La mayor parte de los autores, basándose en criterios regionales, le asignan una edad Triásico superior, encontrándose a techo de esta formación una discontinuidad estratigráfica que ha sido atribuida al Noriense (YÉBENES *et al.*, 1.988).

La Formación Carniolas de Cortes de Tajuña está compuesta por una sucesión de 70 m de espesor de brechas dolomíticas, oquerosas y masivas. En la parte inferior se distingue un tramo de 6,6 m, que puede ser observado con dificultad debido a encontrarse semicubierto, compuesto por brechas dolomíticas con intercalaciones de margas lajas y dolomías con laminaciones de algas, y en la parte superior se reconocen entre las brechas dolomíticas masivas algunos restos de capas discontinuas.

Por correlación con los datos provenientes de la geología del subsuelo se puede deducir que la brecha que constituye esta unidad está generada por el colapso sufrido por la sección original, constituida por una alternancia de evaporitas y carbonatos (principalmente dolomías), de la que fueron disueltas las sales por circulación de agua dulce, causando la fracturación y el colapso de todo el conjunto. De hecho, en las secciones atravesadas por los sondeos de explotación petrolera perforados dentro de la Cordillera Ibérica o en áreas próximas, así como en los escasos lugares donde las formaciones evaporíticas llegan a aflorar, puede observarse que la mayor parte de la sección está constituida por evaporitas, de entre las que suele predominar la anhidrita, siendo las dolomías que aparecen brechificadas en los afloramientos de superficie, normalmente minoritarias dentro del conjunto.

La única estructura sedimentaria observada en la sección de Yuba corresponde a las laminaciones de algas situadas en la parte inferior de la formación. La sedimentación de esta unidad se ha llevado a cabo en un ambiente hipersalino de tipo *sabkha* a llanura de mareas y/o de plataforma interna muy restringida.

En esta formación no se han encontrado restos fósiles, por lo que su edad no puede ser precisada. Por correlación con otras cuencas, utilizando criterios de análisis sedimentológico, YÉBENES *et al.*, 1.988, le atribuye una edad Hettangiense-Sinemuriense. Sin embargo, es probable que su parte inferior sea aún de edad Triásico superior.

1.3. JURÁSICO

Los materiales en facies carbonatadas correspondientes al Jurásico inferior y medio, están representados de forma más o menos continua en las proximidades de la aldea de Yuba y a lo largo del Arroyo Cárcel, en continuación sedimentaria con las formaciones anteriormente descritas.

Sobre las Carniolas de Cortes de Tajuña se han diferenciado las siguientes formaciones litoestratigráficas: Formación de calizas y dolomías de Cuevas Labradas, Formaciones de margas grises del Cerro del Pez y calizas bioclásticas de Barahona (ambas cartografiadas como una sola unidad), Formación alternancia de margas y calizas de Turmiel y la Formación carbonatada de Chelva, esta última dentro del Jurásico medio o Dogger.

1.3.1. Formación alternancia de calizas y dolomías de Cuevas Labradas (6). Sinemuriense-Pliensbachiense.

Está constituida por una sucesión de 135 m de espesor, limitada tanto en su base como en su techo por discontinuidades, en la que pueden distinguirse cuatro tramos o conjuntos litológicos.

El tramo inferior, de 47 m de espesor, es fundamentalmente dolomítico, con escasas intercalaciones de calizas *grainstone* oolíticas, así como niveles margosos. Las dolomías, de tonos beige a grises, se disponen en capas medias a gruesas, a veces finas y con los planos de estratificación ondulados, que localmente tienen aspecto masivo. Las calizas *grainstone* se disponen en capas gruesas que se acuñan lateralmente.

Sobre el tramo dolomítico se dispone un tramo medio calcáreo de 20 m de espesor, compuesto por calizas grises principalmente *mudstone*, con frecuentes intercalaciones de calizas *wackestone* y *grainstone*, así como calizas *packstone* en menor proporción y escasos niveles dolomíticos en la parte superior, donde también se encuentra algún nivel de brechas con litoclastos de varios tipos de calizas (calizas *grainstone*, calizas con laminaciones de algas, etc.). Se estratifican en capas medias a gruesas, localmente finas. A techo del tramo se encuentra una costra ferruginosa bien desarrollada.

A continuación, y sobre la superficie ferruginosa, se encuentra un tramo de 35 m de espesor de calizas *mudstone* a *wackestone*, estratificadas en capas de 5 a 30 cm con los planos de estratificación ondulados que le dan aspecto noduloso, y con delgadas intercalaciones margosas en su parte inferior. A lo largo del tramo se encuentran intercalaciones de calizas *wackestone-packstone* y *grainstone* bioclásticas a intraclásticas.

El tramo superior de la formación, con 33 m de espesor, está compuesto por un conjunto de

calizas *mudstone* con frecuentes intercalaciones de calizas *grainstone* oolíticas y en menor proporción bioclásticas, así como calizas *packstone* bioclásticas y de pellets. Se disponen en capas medidas a gruesas, localmente finas, a veces con aspecto noduloso.

A lo largo de toda la unidad se encuentra una amplia variedad de estructuras sedimentarias. En el tramo inferior dolomítico son abundantes las laminaciones de algas, y en menor proporción, laminación cruzada de pequeña escala (*ripples*) y ocasionalmente *tepees*. Asociado a los *grainstones* oolíticos y de *pellets* que se intercalan en este tramo, se encuentran cuerpos con morfología de barras con estratificación cruzada planar de bajo ángulo y gran escala.

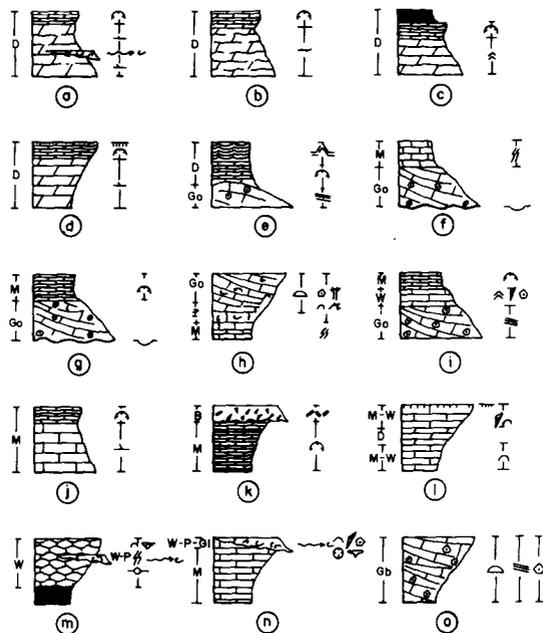
Respecto al tramo calcáreo intermedio se reconocen, en todo él, estructuras de bioturbación y ocasionalmente *rills* bioclásticos a veces con litoclastos.

Por último, en el tramo superior se reconocen intervalos con laminaciones de algas, *rills* bioclásticos y *tepees*, ligados a las litofacies micríticas, así como cuerpos con morfología de barras y cuerpos con base erosiva, ligados a las litofacies de *grainstones*, en los que normalmente puede observarse su estructura interna compuesta por laminación cruzada de surco y laminación cruzada planar de gran escala y bajo ángulo.

La litofacies y estructuras sedimentarias de los diferentes tramos se encuentran representados en las figuras 4 y 5.

La sedimentación de la Formación Cuevas Labradas se ha llevado a cabo en una plataforma carbonatada somera, con diferentes ambientes. Destacan formaciones de barras que localmente llegan a emerger, generando barreras y frentes playeros, así como depósitos de *washover* sobre los que se instalan ambientes de llanuras de mareas. Tanto sobre los depósitos de islas barrera como los de canal se pueden desarrollar ambientes intermareales de baja energía. En la plataforma interna, protegida por el sistema de barras, se encuentran ambientes de *lagoon* con depósitos de *washover* provocados por las tempestades. En la parte protegida del sistema de islas barrera, como en el litoral, se desarrollaron ambientes de llanuras de mareas, así como ambientes supramareales salinos. También entre los depósitos inter y supramareales se encuentran capas compuestas por brechas de cantos depositados por efecto de las tempestades.

En el aspecto paleontológico, y en concreto en los tramos calcáreos superiores, se reconocen lamelibranchios, gasterópodos, crinoideos, braquiópodos, ostreidos, corales ahermatípicos, espongiarios y briozoos, así como una asociación de microfósiles constituidos por *Pseudopfenderina cf. buttterlini* (BRUN), *Linoporella (?) cf. buseri* RADOICIC, *Palaeodasycladus mediterraneus* (PIA), *Lingulina pupa* (TERQUEM), y otros identificados a nivel genérico. Esta asociación de fósiles no determina posición cronoestratigráfica precisa, pero en base a la correlación mediante criterios de estratigrafía secuencial con otras áreas en que esta unidad se ha podido datar mediante ammonites (YÉBENES *et al.*, 1.988) se le puede asignar una edad Pliensbachense inferior (Carixiense inferior p.p. a Carixiense superior).



LEYENDA

	Cuerpos canalizados		Crinoides
	Barras, dunas o megaripples		Briozoos
	Laminación cruzada planar de gran escala		Ostreoides
	Laminación de pequeña escala (ripples)		Gasterópodos
	Ripples de oleaje		Braquiópodos
	Estratificación ondulada		Corales
	Estratificación nodulosa		Esponjas
	Rills bioclásticos	D	Dolomia
	Laminación de algas	M	Mudstone
	Tapes	W	Wackestone
	Brecha de cantos planos	P	Packagestone
	Hard-ground	Go	Grainstone oolítico
	Bioturbación ligera	Gi	Grainstone intraclástico
	Bioturbación moderada	Gb	Grainstone bioclástico
	Bivalvos	B	Brecha

Fig.-4 Secuencias tipo de la Fm. Dolomías tableadas de Imón (a); y secuencias tipo de la Formación Calizas y dolomías tableadas de Cuevas Labradas (b-o) distinguiéndose el tramo dolomítico inferior (b-c), el tramo calcáreo inferior (f-l), tramo calcáreo medio (m-n) y tramo calcáreo superior (o).

1.3.2. Formación margas grises del Cerro del Pez y Formación calizas bioclásticas de Barahona (7). Pliensbachiense

Ambas formaciones se han agrupado como una sola unidad, debido a la dificultad que presentan a la hora de ser cartografiadas. Su espesor es muy reducido, pero su interés paleogeográfico y cronoestratigráfico es importante a escala regional y de Cordillera Ibérica.

La Formación margas grises del Cerro del Pez se encuentra en continuidad sedimentaria sobre la formación anterior y ha sido reconocida en el corte del Arroyo de la Cárcel, así como en otros afloramientos más orientales (arroyo Pilonos).

En la sección del Arroyo de la Cárcel, esta unidad está compuesta por 17 m de margas calcáreas, entre las que se intercalan niveles de calizas *wackstone* bioclásticas margosas, a veces de aspecto noduloso.

Las estructuras sedimentarias que han podido observarse son las debidas a bioturbación, frecuentes en toda la unidad. Se organiza en secuencias caliza-margocaliza, del tipo de las representadas en la figura 5f; y secuencias margocaliza-caliza, como las representadas en la figura 5g.

La sedimentación de las margas de la Formación Cerro del Pez se ha llevado a cabo en un ambiente submareal de plataforma interna somera de baja energía, con salinidad normal y coincidiendo con el incremento de aportes detríticos finos a la cuenca.

Los macrofósiles son frecuentes en algunos niveles, reconociéndose bivalvos, braquiópodos, gasterópodos, pectínidos, crinoideos y ostreidos, entre otros. Su edad, en aquellas partes de la Cordillera Ibérica donde ha podido ser datada mediante ammonites, es Pliensbachiense superior (Domeriense).

Respecto a la Formación de Calizas Bioclásticas de Barahona, se apoya en concordancia sobre la anterior y está constituida por un conjunto de 13 m de espesor de calizas *wackstone* a *packstone* bioclásticas o biodetríticas, de tonos marrones a ocre en superficie, con algunas intercalaciones margosas de pequeño espesor. Se estratifican en capas de 10 a 60 cm de grosor con los planos de estratificación ondulados, debido a lo cual suelen tener aspecto noduloso.

No se observan estructuras sedimentarias excepto estructuras de bioturbación, que llegan a ser abundantes. La bioturbación es intensa en su parte inferior, pasando a ser moderada en el resto del tramo.

En su mayor parte se ordena en secuencias de somerización estratodecrescentes granocrecientes, del tipo de las representadas en la figura 5i, limitadas en su parte superior por superficies endurecidas debido a procesos de cementación temprana (*hard-grounds*) y ferruginizadas, una de las cuales coincide con el techo de la unidad. En menor proporción también se encuentran secuencias estratocrecientes, más abundantes en la parte inferior del tramo (Fig. 5g).

La sedimentación de la Formación Barahona se ha llevado a cabo en una plataforma de carbonatos somera, bien oxigenada y de salinidad normal, aceptablemente comunicada con los ambientes de plataforma externa, en la cual se llevó a cabo el desarrollo de diversos y abundantes organismos

benfónicos, así como la entrada de algunos restos de organismos de hábitat pelágico. En los fondos de esta plataforma se registró la formación de frecuentes sustratos litificados que pudieron ser colonizados por organismos perforantes e incrustantes.

Los macrofósiles suelen ser muy abundantes. Se reconocen restos de ostreidos, entre los que cabe destacar por su abundancia *Griphaea*. También, bivalvos, braquiópodos, belemnites y pectínidos, entre otros. La edad de esta unidad en el ámbito de la Cordillera Ibérica es Pliensbachiense superior (Domeriense).

1.3.3. Formación Alternancia de margas y calizas de Turmiel (8). Toarciense

Esta unidad se encuentra aflorando exclusivamente en el Arroyo de la Cárcel. Su mala calidad de afloramiento no permite realizar una descripción y estudio suficientemente detallado de los materiales que la constituyen. Estos corresponden a alternancias de margas y calizas micríticas (*mudstone* a *wackestone*) que contienen abundantes restos de fósiles, cuya edad se considera Toarciense.

1.3.4. Formación Carbonatada de Chelva (9). Dogger

Al igual que las formaciones precedentes, ésta aflora en el Arroyo de la Cárcel y dentro de ella se distinguen tres tramos.

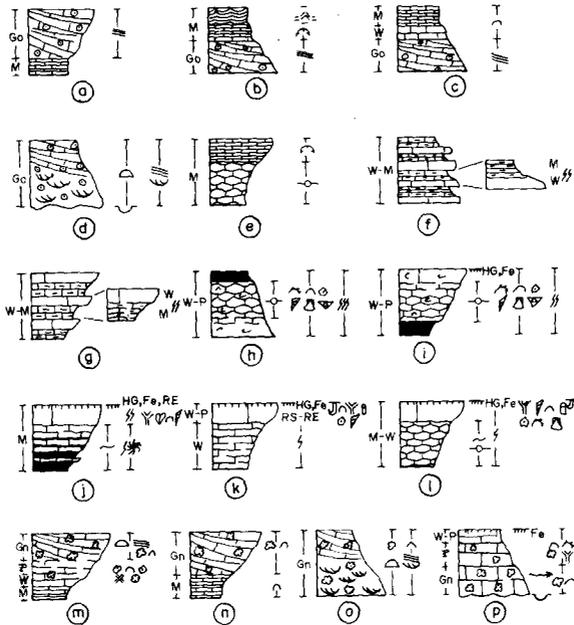
Un tramo inferior de 25 m de espesor constituido por calizas *mudstone* y *wackestone-packstone* que intercalan delgadas capas de margas. Hacia el techo aparecen varios niveles de costras ferruginosas.

Un tramo intermedio constituido por 18 m de calizas *mudstone* con intercalaciones de calizas *wackestone* y *wackestone-packstone* y un tramo margoso sobre la superficie ferruginosa (*hard-ground*) del tramo inferior. Las calizas, de colores grises a beige, se disponen en capas medias a gruesas, a veces nodulosas, y son frecuentes las superficies ferruginosas en algunas capas.

Por último, un tramo superior de 21 m de espesor constituido por calizas de granulometría muy variada (de *grainstone* a *mudstone*) bioclásticas y oncolíticas. Se disponen en capas medias a gruesas.

Las estructuras sedimentarias se distribuyen de forma desigual a lo largo de los diferentes tramos. En los tramos inferior y medio predominan las estructuras de bioturbación y superficies de *hard-ground*. En el tramo superior son frecuentes las estructuras de origen inorgánico, como barras con laminaciones cruzadas de surco y planar de gran escala, así como cuerpos canalizados de base erosiva.

El carácter secuencial de la Formación Carbonatada de Chelva se caracteriza por la presencia de términos estratocrecientes en el tramo inferior (figura 5j y k). Estratocrecientes en el intermedio (Fig. 5l) y estrato y granocrecientes en el superior (Fig. 5m y n). También en este último tramo se encuentran secuencias estrato y granodecrecientes (Fig. 5o y p).



LEYENDA

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ~ Cuerpos canalizados △ Barras, dunas o megaripples ⌒ Laminación cruzada en surco ≡≡≡ Laminación cruzada planar de gran escala ~ Estratificación ondular ○ Estratificación nodulosa ~ Rills bioclásticos ⌒ Laminaciones de algas ≡≡≡ Tepees ⌒ Costra ferruginosa ⌒ Perforaciones biogénicas ⚡ Bioturbación ligera ⚡ Bioturbación moderada ⚡ Bioturbación intensa ⌒ Bivalvos ⌒ Ostreidos ⌒ Crinoides | <ul style="list-style-type: none"> ⌒ Gasterópodos △ Pectinidos ⌒ Braquiópodos ⌒ Briozoos ⌒ Phyladomya ⌒ Serpulidos ⌒ Oncolitos ⌒ Algas ⌒ Corales M Mudstone W Wackestone P Packestone Go Grainstone oolítico Gn Grainstone oncolítico Rs Fósiles resedimentados Re Fósiles reelaborados Hg Hard-ground |
|---|---|

Fig.-5 Secuencias tipo del tramo superior de la Fm. Calizas y dolomías tableadas de Cuevas Labradas (a-e); de la Fm. Margas grises del Cerro del Pez (f-g); de la Fm. Calizas bioclásticas de Barahona (h-i); de la Fm. Carbonatada de Chelva (j-p), distinguiéndose el tramo inferior (j-k) el tramo medio (l) y el tramo superior (m-p)

La sedimentación de los carbonatos que constituyen los tres tramos litológicos se llevó a cabo en diferentes ambientes sedimentarios. Aunque el tramo inferior y el medio se encuentren separados por una discontinuidad estratigráfica, ambos se han depositado en ambientes similares de plataforma externa, somera y abierta, con fauna marina y salinidad normal; donde la energía era generalmente baja, debido a que los fondos se encontraban habitualmente por debajo del nivel normal del oleaje, pero que podían verse afectados por eventos de energía excepcionalmente elevada probablemente inducida por la acción de las tempestades.

Los microfósiles son muy frecuentes en toda la unidad. En el tramo inferior se encuentran braquiópodos, briozoos, bivalvos, gasterópodos, crinoideos, ammonites y serpúlidos; siendo frecuentes en ciertos tramos la presencia de *Pholadomya* y de *Zoophicos*. Este tramo se atribuye al Toarciense en base a escasos ejemplares de ammonites del género *Pseudogrammoceras sp.* En el tramo intermedio el contenido de ammonites caracteriza las biozonas *Opalinum*, *Murchisonae* y *Coniavum* del Aalenense. El tramo superior se caracteriza por el predominio de las algas, así como un conjunto de microfósiles de los géneros *Everticyclammina (?) sp.*, *Glomospira sp.*, *Lenticulina sp.*, *Rehinholdella sp.*, *Everticyclammina sp.* y otros, que junto con una serie de bivalvos, corales, etc., pueden ser atribuidos al Bajociense.

En conjunto la formación se ha considerado como Dogger s. l, a nivel cartográfico.

1.4. CRETÁCICO

Los materiales del Cretácico afloran escasamente en la Hoja. Se encuentran total o parcialmente cubiertas por los depósitos del Terciario. Sus afloramientos se reducen a una escasa extensión. Se sitúan fundamentalmente en el ángulo suroriental, donde se ha realizado un perfil (Arroyo de los Pilonos) y otro en el ángulo noroccidental, concretamente en la carretera nacional de Madrid a Soria, en el p. k. 170.

Las facies de este Sistema se encuadran entre el Cretácico inferior y el Santoniense en sus términos más altos. Su límite inferior lo constituyen las Facies Weald, en la zona meridional (Arroyo Pilonos) y la Formación Utrillas en el resto de la Hoja. El límite superior viene definido por la erosión postcretácico.

Los trabajos que tratan sobre el Cretácico de la región son los de SÁENZ (1.931); HERNÁNDEZ PACHECO (1.954), LUNAR y SÁNCHEZ CELA (1.973), CASTELL y DE LA CONCHA (1.956 Y 1.959), SÁNCHEZ DE LA TORRE (1.963 Y 1.974) y más recientemente los trabajos de FLOQUET *et al.* (1.981 y 1.982 a y b), MELÉNDEZ y PEDAUYE (1.980), estos últimos orientados al ciclo calcáreo del Cretácico superior.

1.4.1. Cretácico inferior

El Cretácico inferior en esta Hoja, se encuentra constituido por la Facies Weald y la Formación Arenas de Utrillas, ambas con escasa representación en la misma.

1.4.1.1. *Facies Weald (10). Arcillas, margas y dolomías*

Los depósitos en Facies Weald se apoyan en discordancia sobre materiales cuya edad, aunque siempre jurásica, es variable. En general la edad de las formaciones infrayacentes disminuye de Oeste a Este. En la Hoja de Arcos de Jalón, se apoya sobre la Formación Bioclástica de Barahona, hecho sólo reconocible en el Arroyo de los Pilonos (ángulo suroriental de la Hoja), también denominado paraje de Cabeza Negra. En este paraje la Facies Weald, se encuentra constituida por unos 8 m de arcillas grises y rojizas y limolitas que intercalan un nivel dolomítico de unos 30 cm de espesor y de color amarillo. El techo de la unidad lo constituye la Formación Arenas de Utrillas.

En lo que se refiere a su interpretación sedimentológica, poco se puede decir, ya que lo reducido de su afloramiento, así como la ausencia total de estructuras sedimentarias, no dan pie a este tipo de interpretaciones. No obstante, en función de datos conocidos en zonas y/o áreas más meridionales, le podemos asignar a esta facies un ambiente continental.

De igual manera ocurre con su contenido fósil. Este es nulo en la zona estudiada, lo que obliga a remitirse a estudios realizados en áreas meridionales en las que la existencia de especies de caráceas dan una edad entre Barremiense-Aptiense.

1.4.1.2. *Formación Arenas y Areniscas de Utrillas (11). Albiense-Cenomaniense*

En el paraje de Cabeza Negra (Arroyo Pilonos), y en discordancia sobre la Facies Weald, aparece un conjunto detrítico de reducido desarrollo espacial, que se atribuye a la Formación Arenas de Utrillas (AGUILAR, RAMÍREZ DEL POZO y RIBA, 1.971). Estos autores en su definición ponen de manifiesto algunos aspectos texturales y estructurales. «Arenas blancas-amarillentas en bancos poco definidos con estratificación cruzada y oblicua, con cantos translúcidos de cuarzo y cuarcitas, con restos de lignitos en algunas juntas de estratificación, e intercalaciones de niveles poco potentes de arcillas amarillentas plásticas, limolíticas y azoicas». Estas características son similares en esta Hoja, a excepción de los tramos de lignitos.

En el aspecto sedimentológico se observan dos tipos de facies, que corresponden a canalizadas y no canalizadas.

Las primeras se caracterizan por la presencia de depósitos de carga residual, *set* planares de gravas, estratificación *flaser*, laminaciones onduladas debidas a *ripples* y arcillas de decantación. Respecto a la segunda, aparecen laminaciones onduladas debidas a *ripples* de oscilación, estratificación *flaser*, estratificación lenticular y lutitas masivas. Además se pueden distinguir otras facies tales como encostramientos y nódulos ferruginosos.

Todo el conjunto se puede interpretar como un sistema deposicional formado en un ambiente estuarino en el que se conjugan los dominios fluvial y mareal.

En el aspecto paleontológico no se han encontrado fósiles que caractericen a la unidad. Sin embargo, COMAS RENGIFO y GOY (1.975) señalan en regiones meridionales tramos carbonatados

a techo con fósiles de ostreidos y gasterópodos. Posteriormente, en la Hoja de Ablanque (468), citan *Exogira flabelata* en los mismos niveles, con lo que sitúan a la Formación Utrillas entre los períodos Albiense y Cenomaniense en sentido amplio.

En regiones más septentrionales a la Hoja se encuentran, en tramos margosos superiores, la existencia de ammonites de edad Cenomaniense-Turonense. Con todo esto se puede llegar a afirmar el carácter no sincrónico de la formación.

1.4.2. Cretácico superior

El Cretácico superior se encuentra representado, en la Hoja, desde el Cenomaniense hasta el Santoniense, en sus términos más altos. Se han reconocido las formaciones correspondientes a este subsistema en los perfiles realizados en el Arroyo de los Pilonos (ángulo sureste) y en la C.N. de Soria, km 170 (ángulo noroeste).

1.4.2.1. Formación Arenas, arcillas y calizas de Santa María de las Hoyas (12). Cenomaniense inferior

Esta formación descansa en tránsito gradual sobre la Formación Utrillas y aflora en puntos aislados del noroeste de la Hoja y en el Arroyo de los Pilonos. En este último la formación se encuentra semicubierta, pero se ha podido reconocer una parte inferior con gran contenido terrígeno a base de areniscas, arenas y lutitas entre las que se intercalan niveles de calizas bioclásticas arenosas (*packstones*) y bioturbadas. Las bases de los estratos son irregulares y/o canalizadas. Presentan estratificación cruzada en surco y planar.

La parte superior de la formación está constituida por calizas, a veces dolomitizadas y ocasionalmente bioclásticas (*wackestones*) con laminaciones estromatolíticas y bioturbación. El techo de la formación está constituido por un paquete de calcarenitas con abundantes bioclastos y un nivel de *hard-ground* con acumulación de rudistas. La potencia observada en la Hoja no sobrepasa los 20 m.

Desde el punto de vista sedimentológico, esta formación se deposita en ambientes de llanura de marea mixta terrígeno-carbonatada que paulatinamente da lugar a la instalación de una plataforma interna en ambiente submareal bien estructurada.

Respecto al contenido fosilífero diremos que es escaso y de poca relevancia, en gran parte debido a la mala calidad del afloramiento. No obstante, y en correlación con áreas próximas, esta formación se sitúa cronoestratigráficamente en el Cenomaniense s.s.

1.4.2.2. Formación Calizas dolomíticas de Nuévalos (13). Cenomaniense superior

Esta formación representada en el perfil de Arroyo de los Pilonos, descansa mediante un contacto normal y neto sobre el *hard-ground* de techo de la formación anterior.

Está constituida por una sucesión de calizas y calizas dolomíticas (*wackstone* con intercalaciones de *packstone-grainstone*) en capas y bancos de mediano espesor. Contienen restos bioclásticos y niveles bioturbados. Las estructuras más frecuentes son *ripples* de oscilación y laminaciones algales (estromatolitos). También presentan superficies ferruginizadas, así como delgados niveles de encostramiento.

La potencia media es superior a los 30 m y disminuye hacia el Norte.

Desde el punto de vista sedimentológico, esta formación es continuación de la anterior en lo que se refiere a ambiente sedimentario. Presenta secuencias de somerización en un ambiente de llanura mareal en condiciones sub a intermareal.

Esta formación, junto con la anterior, marcan una secuencia transgresiva a lo largo de la cual tiene lugar la estructuración e instalación de una plataforma carbonatada-llanura mareal.

Respecto al contenido paleontológico, y mediante estudios en láminas delgadas, se ha observado un rico contenido en especies de algas, tales como *Neomeris cretace* STEINMANN, *Trinocladus cf. exoticus* ELLIOT, *Heteroporella cf. lepina* PARATURLOW y *Cylindroporella sp.*, así como géneros de miliólidos, rotálidos y discórbidos. Todos estos microfósiles, junto a los datos existentes en regiones vecinas, permiten asegurar una edad Cenomaniense superior.

1.4.2.3. Formación Calizas nodulosas de Monterde (14). Turoniense inferior

Esta formación es fácilmente identificable por su aspecto externo y por el entrante morfológico que proporciona en el relieve.

Aflora en el Sureste de la Hoja, en el perfil de Arroyo de los Pilonos, en donde presenta una potencia aproximadamente de 52 m. Su contacto basal se realiza de manera neta mediante un nivel ferruginizado a techo de la formación anterior. Sobre este nivel aparece un conjunto litológico constituido por alternancias de calizas nodulosas y margas, estas últimas más abundantes a techo. Las calizas corresponden a biomicritas (*wackstones*) nodulosas, micritas arcillosa (*mudstones*) y calizas nodulosas bioturbadas a techo. El tramo margoso está constituido por margas verdes y grises con intercalaciones de calizas nodulosas (*wackstones*).

El contenido en estructuras sedimentarias es escaso o casi nulo, a excepción de la intensa bioturbación a techo de la formación. Esta se interpreta como depositada en un ambiente de plataforma abierta relativamente profunda, como pone de manifiesto el tipo de facies de carácter noduloso, la sucesión de margas con niveles nodulosos y las micritas arcillosas, ordenadas en sucesiones de enriquecimiento de carbonatos. También el contenido fosilífero, como más adelante explicaremos, pone de manifiesto estas condiciones ambientales. Este episodio muestra las condiciones más abiertas y de máximo transgresivo con relación a las formaciones infra y suprayacentes y representado esquemáticamente en la figura 6.

El contenido fosilífero es variado, con la existencia de bivalvos, gasterópodos, equínidos, briozoos, esponjas, ammonites y foraminíferos (plantónicos y bentónicos). De estos últimos se han recono-

cido en lámina delgada; *Pithonella ovalis* KAUFMANN. También se ha detectado la presencia de numerosos géneros de algas dasycladaceas. Todo este conjunto unido a su posición litoestratigráfica y correlación con otras áreas, data esta formación como edad Turoniense, probablemente inferior.

1.4.2.4. *Formación Calizas bioclásticas de Jaraba (15). Turoniense*

Esta formación de aspecto masivo presenta unas características morfológicas que la hacen fácilmente reconocibles gracias a que generalmente proporciona resalte en el paisaje.

Aflora tanto en Arroyo de los Pilonos como en el ángulo NO de la Hoja. Su contacto inferior es neto por cambio litológico y el superior lo constituye un importante nivel de discontinuidad sedimentaria. Su potencia en la Hoja se aproxima a los 70 m.

Desde el punto de vista litológico, se encuentra constituida por un conjunto inferior de dolomías masivas o en gruesos bancos, en los que se han observado fantasmas de rudistas y un conjunto superior bien estratificado de calcarenitas (*packstone-grainstone*) y calizas finas (*wackestones*).

Las estructuras sedimentarias son frecuentes y del tipo estratificación cruzada a gran escala en el tramo inferior y estructuras de corriente y oleaje (*ripples* de oscilación), en el tramo superior. Este tramo también presenta laminaciones paralelas y algales.

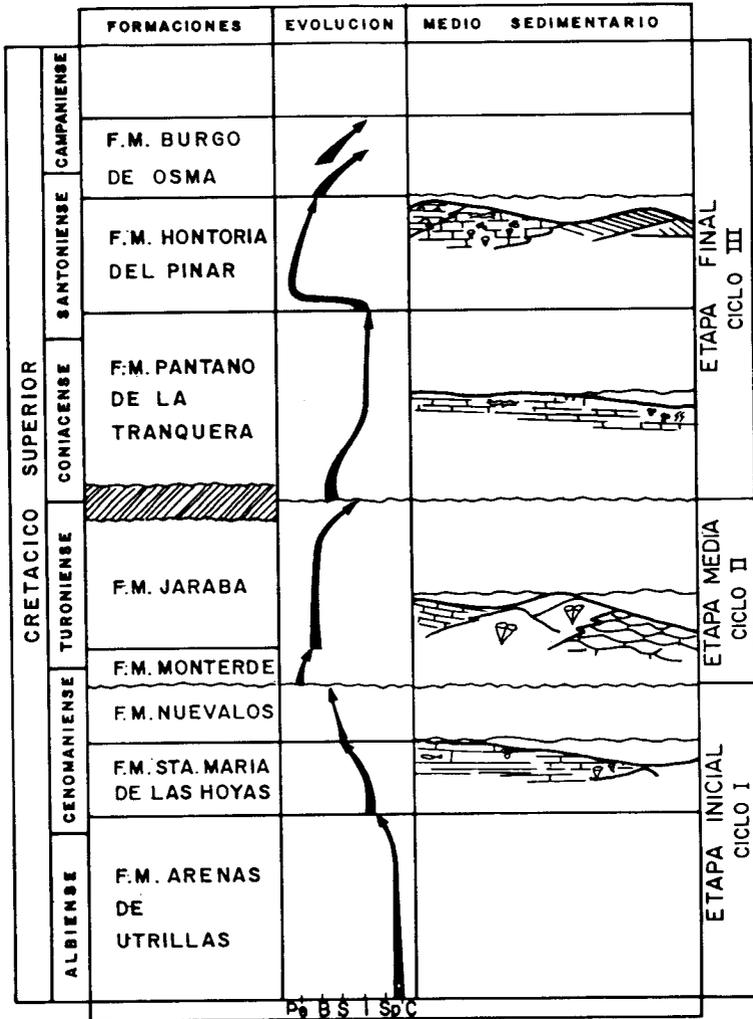
Respecto a su sedimentología diremos que debido a la intensa dolomitización en la zona, su interpretación es difícil. No obstante sus características, como la geometría de sus cuerpos y el contenido en estructuras, da pie para situar a esta formación en un ambiente de plataforma interna en donde existirían condiciones para el desarrollo de *Rudist mudmounds* y de *sand-waves* calcareníticos. Hacia el techo se evidencian señales de somerización con la aparición de pequeñas barras que alcanzarían ambientes intermareales altos. Estas condiciones representan el inicio del período regresivo del ciclo Cretácico, aunque queda interrumpida en su techo por una superficie de discontinuidad.

Su posición cronoestratigráfica viene dada en función de su correlación con otras áreas próximas en las que el contenido fosilífero es abundante y datan a esta formación como de edad Turoniense.

1.4.2.5. *Formación Calizas dolomíticas del Pantano de la Tranquera (16). Coniaciense s. l.*

Esta formación se ha identificado tanto en el Sureste de la Hoja (Arroyo Pilonos), constituyendo el techo de la serie cretácica, como en la trinchera de la carretera nacional a Soria en el p. k. 170 bajo las formaciones del Santoniense. Concretamente en este último punto afloran unos 35 m de dolomías y calizas dolomíticas blancas, estratificadas en capas de pequeño espesor con bases irregulares. Se aprecia un alto contenido en cantos negros.

Las estructuras dominantes en esta formación son las laminaciones algales y la porosidad fenestral, ambas acompañadas por una intensa bioturbación, sobre todo en la parte superior de la forma-



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

Fig.- 6 Cuadro de distribución de las formaciones del Cretácico superior y su representación Paleogeográfica

ción. También son frecuentes las grietas de desecación en los niveles laminados, y encostramientos ferruginosos.

Desde el punto de vista sedimentológico se interpreta como continuación del ciclo regresivo Cretácico, con la instalación de ambientes someros, cuya ordenación de facies muestra condiciones de depósito de llanura de mareas, concretamente submareal somero a supramareal.

En el aspecto paleontológico sus restos fósiles se reducen a existencia de gasterópodos, bivalvos y mallas de algas, así como discórbidos, ostrácodos, rotálidos y miliólidos del género *Scandonea* cf. *mediterránea*, que no determinan una edad concreta. Sin embargo, su posición estratigráfica, entre la discontinuidad de techo del Turoniense y la Formación de Calizas de Hontoria del Pinar de edad Santiense, sitúan a esta formación en el Coniacense.

1.4.2.6. Formación Calizas bioclásticas de Hontoria del Pinar (17). Santiense

Esta formación ha sido identificada de forma aislada en una cantera abandonada situada al margen de la carretera nacional a Soria y en las proximidades del corte realizado en el mismo lugar. En este paraje no se ha podido medir su potencia ni realizar un estudio secuencial detallado, si bien se observa un nivel inferior constituido por calizas grises-blancas con Rudistas (*packstones*) y pequeños núcleos con patches. Por encima se suceden los niveles de calcarenitas con abundantes miliólidos y fragmentos de bioclastos.

Esta formación, desde el punto de vista sedimentológico, supone una nueva reestructuración en la plataforma. Esta recibe un nuevo impulso transgresivo que comienza con la instalación de una plataforma interna con patches de Rudistas.

La presencia de *Lacazina elongata* en muestras aisladas recogidas en la cantera, donde se ha identificado esta formación, permite asignarle una edad Santiense, s.l.

1.5. Terciario

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, que permite suponer la simultaneidad de sucesos tectónicos y, por tanto, de los dispositivos sedimentarios correlativos a ellos, 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:

UTS T₁: Paleoceno (su base puede pertenecer al Cretácico terminal) (Maastrichtiense).

UTS T₂: Paleoceno-Oligoceno inferior.

UTS T₃: Oligoceno (Sueviense-Arverniense).

UTS T₄: Oligoceno-Mioceno inferior (Arverniense-Ageniense).

UTS T₅ y T₆: Mioceno medio (Ageniense-Aragoniense). Están constituidas por dos hem Ciclos cuya separación no es siempre clara. En algunas Hojas de la cuenca se representa como una sola unidad y en otras se separan.

UTS T₇: No se ha identificado con claridad, aunque probablemente corresponde a los materiales basales de la Facies «Páramo inferior».

UTS T₈: Mioceno superior-Plioceno (Turolense-Rusciniense). Corresponde a la unidad cuyas facies terminales constituyen el Páramo inferior o Páramo 1.

UTS T₉: Plioceno. Comprende los materiales que componen la secuencia del Páramo superior o Páramo 2.

En esta Hoja de Arcos de Jalón, los materiales terciarios ocupan las 3/4 partes del total de la superficie de la Hoja. Se encuentran constituidos íntegramente por depósitos de origen continental y se desarrollaron a partir de los relieves mesozoicos. A su vez constituyen el borde meridional y oriental de la cuenca Terciaria de Almazán. Exclusivamente, están representados materiales del Neógeno, desde el Mioceno inferior hasta el Plioceno.

Además de los trabajos mencionados se han tenido en cuenta los de CASTELL y DE LA CONCHA (1.956 y 1.959) que realizan la primera memoria explicativa de las Hojas 1:50.000 números 435 y 436, Arcos de Jalón y Alhama de Aragón; los de SÁNCHEZ DE LA TORRE (1.963 y 1.974) que estudia el borde meridional conglomerático de la Hoja de Arcos de Jalón y posteriormente hace un análisis litoestratigráfico de la cuenca de Almazán; y también los trabajos de MELÉNDEZ *et al.* (1.982) que relacionan esta cuenca con la fosa de Calatayud-Teruel. Por otra parte, se han

tomado en consideración las cartografías geológicas a escala 1:50.000 de Barahona (434) y Maranchón (462), del Proyecto Magna, y realizadas por técnicos de INTECSA, con la dirección, supervisión y publicación del IGME (1.981). Por último, se ha realizado la cartografía del Terciario de esta Hoja en base a los datos obtenidos por LENDINEZ, A., en años precedentes y que hasta la actualidad han sido inéditos.

Para la división y situación cronoestratigráfica de las distintas unidades del Neógeno se han seguido los criterios de FERREIRO, P. y RUIZ, V. (Mapa Geológico 1.200.000 número 40 DAROCA, IGME 1.986), fundamentándose en los trabajos de GARRIDOS MEGÍAS (1.982).

En líneas generales, el Neógeno de la Hoja se presenta bajo un aspecto de cierta heterogeneidad litológica (conglomerados, arcillas, calizas y yesos) y una evolución geomorfológica no muy acusada, en la que dominan de forma ostensible grandes «parameras» calcáreas, separadas por la red fluvial de las cuencas del Jalón y Duero.

Respecto al análisis litoestratigráfico y de facies se han diferenciado 10 unidades que describiremos a continuación. La mayoría de ellas, a excepción de las separadas por cambios granulométricos y litológicos claros en la vertical («discordancias»), representan cambios en horizontal de su ambiente de depósito, y por consiguiente de sus facies.

1.5.1. Conglomerados, areniscas y arcillas (18). Mioceno-¿Plioceno inferior?

Esta unidad, que desde el punto de vista cronoestratigráfico *comprende la práctica totalidad del Mioceno*, es observable a lo largo del borde meridional de la cubeta de Almazán. Se dispone aflorando según una dirección NO-SE en paralelismo con el borde tectónico de la Cordillera Ibérica en esta zona.

Para su identificación litológica y sedimentológica se han realizado varios cortes, de los cuales se han considerado de mayor interés los de Somaén y los realizados en las proximidades de Arcos de Jalón, concretamente en la margen derecha del río Jalón. Entre ellos existen diferencias en los aspectos textural y sedimentológico.

Desde el punto de vista litológico, toda la unidad se encuentra constituida por conglomerados calcáreos, areniscas y lutitas, estas últimas más abundantes en los cortes realizados en las proximidades de Arcos de Jalón.

En el perfil realizado en Somaén se han llegado a medir unos 100 m de conglomerados y brechas calcáreas de tonos rojizos englobados en una matriz arcillo-limosa, pardo-rojiza (*Mud flow*). Los centilos observados varían entre los 40 a los 50 cm en la base y del orden de los 30 cm hacia el techo. Se encuentran agrupados en secuencias métricas y su estratificación es algo irregular.

Desde el punto de vista estructural esta unidad presenta cuerpos con geometría variada, de irregular a masiva y rara vez canalizada. Muestran cierto desarrollo lateral, a modo de mantos (*sheet flow*), con erosiones en la base que obedecen a estructuras de corte y relleno (*cut and fill*), frecuentes en la parte inferior y media del corte. Es también visible la existencia de lentejones lutíticos de escasa extensión lateral, a techo de los cuerpos conglomeráticos.

En resumen, la práctica totalidad de la unidad se representa en secuencias masivas, con escasa organización interna, a excepción de estructuras de incisión en las bases y una cierta, aunque aparente, granoselección.

Respecto a la interpretación sedimentológica, nos encontramos ante depósitos generados a partir de corrientes densas, *mud-flow*, y excepcionalmente *debris-flow*. Estos son propios de abanicos aluviales en facies proximales.

Por lo que se refiere a los cortes realizados en las proximidades de Arcos de Jalón, y desde el punto de vista litológico, se aprecia una alternancia de cuerpos conglomeráticos de cantos calcáreos, englobados en una matriz arcillo-arenosa, con centilos entre los 25 y 35 cm, y sobre los que suelen aparecer cuerpos areniscosos, rojizos y pardos, de granulometría media a gruesa y de extensión lateral reducida. Todo este conjunto detrítico grueso alterna con abundantes niveles lutíticos, más potentes en la parte superior de la unidad, y que manifiestan procesos edáficos a techo.

La unidad se organiza en secuencias positivas estrato y granodecrecientes, en las que aparecen bases erosivas con incisiones y rellenos (*cut and fill*), algunas estratificaciones cruzadas en surco y planar en gran y media escala. Todas las secuencias culminan con lutitas a techo con un desarrollo lateral importante. Por otra parte, es frecuente observar cicatrices internas en los cuerpos conglomeráticos debidas a migración en los canales. El conjunto se interpreta como depósitos canalizados en un sistema *braided* de abanico aluvial en facies medias.

El espesor de la unidad es muy variado y difícil de calcular, ya que en la mayoría de los puntos y cortes observados sólo se han medido parcialmente. Sin embargo, creemos que el espesor de la unidad es muy probable que supere los 200 m.

La falta de datos bioestratigráficos y la dificultad que presenta su posición nos lleva a considerar cronológicamente esta unidad dentro del Mioceno s. I.

1.5.2. Calizas, margo calizas, caliches, areniscas y arcillas (19). Mioceno inferior

Se ha cartografiado esta unidad a lo largo de la margen del río Jalón, entre Arcos de Jalón y el borde oriental de la Hoja. Es fácilmente reconocible en la base en los relieves de Ociel y Cabeza Negra.

Corresponde desde el punto de vista litoestratigráfico al techo de la unidad (20) de la Hoja de Alhama de Aragón (436).

Para su estudio, y junto a las unidades suprayacentes, se han realizado una serie de perfiles a lo largo de la margen izquierda del río Jalón y a la izquierda de la carretera nacional II de Madrid a Zaragoza. En ellos se han diferenciado un conjunto constituido por un tramo inferior de calizas blancas arenosas y muy bioturbadas, margo calizas blancas y grises con huellas de raíces y caliches, todo el conjunto estratigráfico en capas y bancos gruesos. Por encima un tramo superior de areniscas grises y arcillas calcáreas con abundantes nódulos carbonatados. Tanto la unidad como los cuerpos que la constituyen presentan una continuidad lateral importante y es posible observarla durante varios kilómetros.

Respecto al contenido en estructuras sedimentarias, éste es bastante escaso. Sólo cabe destacar la gran abundancia de bioturbación y removilización de sus depósitos por raíces.

Éstas son muy frecuentes en los tramos carbonatados asociados a oxidaciones y pequeñas costras ferruginizadas, sobre todo a techo de los cuerpos.

Desde el punto de vista de interpretación sedimentológica estos depósitos se forman en ambientes lacustres, someros, colonizados por la vegetación y a los que todavía llegan sedimentos terrígenos en forma de extensos mantos que posteriormente son removilizados, por lo que se pueden considerar como depósitos muy distales de abanico aluvial. Enlazan y son continuación lateral de los depósitos de *point-bar* que existen en el techo de la unidad 20 de la Hoja de Alhama de Aragón y que son reconocibles en el límite entre las dos Hojas.

En el aspecto paleontológico, sólo se puede señalar la existencia de restos de gasterópodos poco desarrollados y fragmentados que no son significativos a la hora de asignar a esta unidad una posición cronoestratigráfica. La edad de esta unidad la hemos considerado Mioceno inferior, sólo por posición estratigráfica.

1.5.3. Areniscas y arcillas marrones (20). Mioceno medio

Esta unidad es continuación lateral de la unidad (21) de conglomerados, areniscas y arcillas con carbonatos, de la Hoja de Alhama de Aragón (436). Al igual que en ésta, aquí supone un cambio granulométrico brusco sobre la unidad carbonatada anterior. Este hecho es visible bajo los niveles calcáreos de las Sierras de Ociel y de Cabeza Negra.

Aflora en gran parte del cuadrante nororiental de la Hoja junto con las unidades carbonatadas del techo del Neógeno. Es la que mayor extensión presenta. Por otro lado, sus condiciones de afloramiento no son del todo óptimas para su estudio debido en gran medida a la evolución geomorfológica que presenta en superficie. No obstante, se han realizado una serie de perfiles para caracterizarla, a lo largo de la carretera nacional II de Madrid a Barcelona, junto a los parajes de Ociel y Cabeza Negra.

Litológicamente es una unidad constituida por un tramo basal de areniscas rojizas y anaranjadas de granulometría media a fina y estratificadas en capas y bancos con un gran desarrollo lateral a escala kilométrica. Frecuentemente presentan intercalaciones de conglomerados cuarcíticos de cantos pequeños (4-5 cm de centilo) de desarrollo lateral métrico y de poca potencia.

Sobre este tramo basal existe un conjunto de predominio lutítico de tonalidades rojizas y anaranjadas que intercalan capas de areniscas de mediado espesor y de granulometría fina. Esporádicamente aparecen pequeños cuerpos conglomeráticos, de cantos cuarcíticos y de areniscas de grano grueso, que tienen escaso desarrollo lateral. Toda la unidad presenta un espesor entre 60 y 90 m aproximadamente.

Estructuralmente la unidad se presenta bien estratificada con cuerpos de disposición tabular, con bases y techo planos. No presentan estructuras sedimentarias de significación, a excepción de las que aparecen en los pequeños cuerpos canalizados de naturaleza conglomerática, en los que

son frecuentes laminaciones cruzadas en surco, así como barras y canales arenosos donde ha sido posible medir direcciones de paleocorrientes. Estas generalmente indican un sentido Este a Oeste, con un ángulo variable entre los 270°N y 340°N.

Respecto al resto de los cuerpos, en su mayor parte se encuentran removidos (bioturbados?), con aspecto masivo y sin organización interna. Los tramos lutíticos de techo presentan parecidas características, si bien es significativa la existencia de nodulizaciones calcáreas, más abundantes a techo de la unidad.

En resumen, la unidad presenta un aspecto secuencial estrato y granodecreciente, de gran desarrollo lateral, (*sheet flow*) y con escasa información estructural.

Esta unidad se interpreta como depositada en una amplia llanura lutítica, surcada por canales efímeros, a la que llegan extensos flujos arcillo-arenosos que posteriormente son removidos. Todo ello en un contexto de facies distales de abanico aluvial.

La edad de esos materiales se da en función de su posición litoestratigráfica, ya que el contenido paleontológico es escaso y poco significativo. Por lo que se le asigna una edad Mioceno medio.

1.5.4. **Yesos, arcillas y areniscas (21). Mioceno medio**

A techo de la unidad anterior y en cambio lateral de facies con las unidades (18) y (22), aflora, en la zona central de la Hoja, junto a las localidades de Aguaviva de la Vega y Almazul, una unidad detrítica constituida por alternancia de arcillas y areniscas de grano fino que contiene una gran cantidad de yeso especular y fibroso repartido aleatoriamente por toda la unidad. Su máximo de concentración se ha identificado en los alrededores de Aguaviva de la Vega y en el camino que va desde este lugar a la Sierra de Moedo. También es frecuente observar pequeños lentejones de carbonatos (arcillas calcáreas y margocalizas) que son más abundantes hacia el Sur y Oeste de la unidad.

Desde el punto de vista estructural, la unidad se presenta de forma masiva, a excepción de los lentejones de areniscas en los que se han reconocido estratificaciones cruzadas planares de mediana escala, *lag* de cantos pequeños (1-2 cm) y a veces *ripples* de corriente a techo

Esta unidad corresponde desde el punto de vista sedimentológico, a facies muy distales de abanico aluvial, en los que predominan ambientes salobres de borde de lago, y a los que todavía llegan aportes terrígenos gruesos. Hacia el techo el ambiente cambia paulatinamente hacia medios lacustres, dando paso a la unidad calcárea superior.

La edad asignada a esta unidad es la de Mioceno medio en base a su continuidad sedimentaria y posición litoestratigráfica en la Hoja.

1.5.5. Calizas y margocalizas (22). Mioceno medio

En cambio lateral de facies y sobre la unidad arcillo-yesífera (21) precedente, aparece un conjunto carbonatado de gran desarrollo que se conoce en la parte central y septentrional de la Hoja. A su vez se observa con facilidad en los resaltes morfológicos de Ociel, en donde han sido realizados cortes parciales para su caracterización.

Litológicamente se encuentra constituida por calizas blancas limosas (*mudstones*) y margo calizas blancas y grises, estratificadas irregularmente, a veces masivas. Alternan con arcillas calcáreas y limos carbonatados de tonalidades grises. El conjunto presenta un espesor entre 60 y 70 m, aproximadamente.

En lo que se refiere a estructuras sedimentarias éstas son muy escasas, sólo se observa una intensa bioturbación, así como huellas de raíces en posición de vida y repartidas por toda la unidad. También se observan algunas concentraciones de óxidos de hierro repartidas por toda la unidad. En la actualidad son objeto de explotación en canteras situadas en la Sierra de Ociel.

Sedimentológicamente en continuación lateral y de techo de la unidad anterior, pero depositada en un ambiente palustre con poca lámina de agua.

El contenido paleontológico se reduce a una escasa presencia de gasterópodos de agua dulce, normalmente rotos y de poca significación. Por lo que en función de su posición estratigráfica se le asigna una edad Mioceno medio.

1.5.6. Areniscas, arcillas, margas, calizas y yesos (23). Mioceno medio

Aflora en el ámbito de los cuadrantes septentrionales de la Hoja. Es una unidad bastante heterogénea, vertical y horizontalmente, y muestra en su conjunto frecuentes cambios laterales de facies.

En las proximidades de la Sierra de Moedo, al Norte de la Hoja, se han reconocido 80 m, aproximadamente, de alternancias de areniscas rojizas, arcillas grises y pardas, margas con niveles delgados de carbonatos y yesos, repartidos por toda la unidad y concentrados en áreas septentrionales de la Hoja. En la parte central del mapa esta unidad se caracteriza por un predominio arcilloso, pasando a segundo plano las areniscas y los yesos.

Desde el punto de vista estructural son frecuentes los niveles canalizados en los tramos basales de la unidad, en los que es posible distinguir estructuras típicas de estos depósitos como grano-selección, laminaciones cruzadas planares y en surco, a veces *lag* de cantos en la base y lutitas a techo con fenómenos de pedogenización y nodulizaciones carbonáticas.

Las arcillas abundantes en el tramo intermedio de la unidad, se presentan masivas y con un alto contenido en sulfatos, en forma de yesos cristalizados repartidos por toda la masa arcillosa.

El tramo superior se caracteriza por la aparición de pequeñas secuencias estratocrecientes de arcilla-marga y arcilla-margo-caliza que dan paso a los niveles carbonáticos de la unidad superior (24).

Desde el punto de vista sedimentológico es una unidad con distintos ambientes deposicionales. La parte basal de la unidad, de naturaleza predominantemente arcillo-areniscosa, pertenece a ambiente de llanura lutítica depositada en régimen de abanico aluvial en facies distales. La zona intermedia lutítico-yesífera corresponde a ambientes marginales de medios lacustres y la parte superior a ambientes lacustres muy someros, con pequeña lámina de agua, a los que todavía llegan aportar terrígenos finos o muy finos.

Esta unidad, en lo que se refiere a facies, representa en su conjunto la parte más alejada, de los abanicos aluviales de procedencia septentrional.

Respecto a la situación cronoestratigráfica, ésta presenta el problema de la falta de restos paleontológicos significativos. Por lo que su edad la situamos en base a su posición litoestratigráfica como Mioceno medio.

1.5.7. **Calizas, margocalizas y arcillas (24). Mioceno superior**

A techo de la unidad anterior y en cambio litológico gradual aparece una unidad con predominio carbonático que aflora en un área extensa de los cuadrantes septentrionales de la Hoja. Se extiende de manera importante hacia las Hojas vecinas del Norte, Almazán (406) y Morón de Almazán (407), dando lugar a los primeros graderíos calcáreos que aparecen en el centro de la Cuenca de Almazán (Sierra de Hontalvilla).

En el aspecto estratigráfico, esta unidad se ha reconocido a partir de afloramientos puntuales, generalmente al pie de las «parameras» superiores que se extienden en las partes septentrional y central de la Hoja, concretamente en la Sierras de Moedo y Mata. Por otra parte, es significativo destacar que se encuentra basculada ligeramente hacia el Norte con 4° a 5° de buzamiento, hecho que es posible reconocer al Sur de la Sierra de Moedo.

Litológicamente, se encuentra constituida por calizas margosas, calizas oquerosas y arcillas calcáreas, todas ellas de tonalidades blancas y grises. Se encuentran mal estratificadas y muy derrubias, sobre todo los tramos menos cohesionados. Esta unidad presenta un espesor medio de unos 60 m y se hace más potente hacia la parte noroccidental de la Hoja.

En el aspecto sedimentológico presenta frecuentes cambios laterales de facies, aunque dentro de un mismo ambiente sedimentario. Es decir, es visible el cambio de arcillas calcáreas a calizas oquerosas y margocalizas, sobre todo en la parte más oriental de la Hoja. Mientras que en las zonas meridionales y más occidentales las facies son prácticamente en su totalidad carbonatadas. A nuestro entender, estas facies corresponden al cierre o parte final de un pequeño ciclo sedimentario, de un centenar de metros, probablemente de origen climático, y que culmina con la instalación de un ambiente lacustre sobre las facies distales de abanico aluvial que constituye el techo de la unidad infrayacente (unidad 23).

Desde el punto de vista cronoestratigráfico, su datación ha sido dada por posición estratigráfica y relación de facies con hojas vecinas, asignándole una edad Mioceno superior.

1.5.8. Arcillas marrones (25). Mioceno superior-Plioceno

Un cambio litológico y secuencial se produce en el ámbito de la Hoja con la aparición de esta unidad.

Sobre el techo de la unidad carbonática inferior y en contacto discordante, aparece un conjunto detrítico, constituido por unos 10 a 30 m (según zonas) de arcillas marrones y/o rojizas que intercalan niveles arcillo-limosos grises. Generalmente se encuentran tapadas por los derrubios calcáreos de la unidad superior. Su aspecto y estratificación es masiva, y escasean las estructuras sedimentarias, aunque es frecuente observar nodulizaciones a techo y alguna que otra huella de raíces.

Este episodio detrítico-arcilloso, intercalado entre dos unidades carbonáticas, supone un cambio sedimentológico acusado, basado en dos factores relevantes en la Hoja. Por un lado, el cambio litológico brusco, entre esta unidad y la infrayacente. Por otro, la discordancia, aunque de ángulo pequeño, que existe entre ambas (Sierra de Moedo).

En lo que se refiere a facies, tenemos que considerar el carácter detrítico en la Hoja, con la salvedad de que en zonas meridionales es prácticamente carbonática.

El análisis litoestratigráfico y de relación con otras cuencas vecinas nos conduce a pensar en la equivalencia que existe entre esta unidad y la «Unidad Rojo I» (I.G.M.E. 1.983 y 1.986) de la Fosa de Calatayud-Teruel y probablemente con la Unidad detrítica intrapáramos que existe en el borde septentrional y oriental de la Cuenca del Tajo (Hoja de Valdeolivas, 538, denominada como «Red fluvial Intrapáramos»). Todo esto nos lleva a situar cronoestratigráficamente a la unidad como Mioceno superior (probablemente Turolense)-Plioceno.

1.5.9. Calizas oquerosas (26). Plioceno

Esta unidad que se considera como tramo carbonatado superior de la unidad detrítica infrayacente, se corresponde con la denominada «Caliza de los Páramos».

Presenta un espesor en la Hoja de unos 50 a 60 m, aproximadamente, y se encuentra constituida por una sucesión de margo-calizas en la base que pasan rápidamente a calizas oquerosas, quedando la unidad prácticamente constituida por esta última litología. Las calizas suelen ser dismicritas y biomicritas con ostrácodos y gasterópodos. Localmente se puede observar bioturbación debida a raíces y tubos. El techo de la unidad se encuentra bastante karstificado y es frecuente la aparición de dolinas de pequeña y mediana extensión.

Desde el punto de vista sedimentológico esta unidad corresponde a zonas encharcadas posiblemente palustres con episodios lacustres, más abundantes a techo.

Cronoestratigráficamente situamos a la unidad en el Plioceno, en base a su posición estratigráfica.

1.5.10. **Brechas calcáreas y oncolíticas (27). Plioceno**

Esta unidad aflora únicamente en la parte centro-occidental de la Hoja y al Este del poblado de Yuba, sobre una explotación de hierro. Su extensión es muy reducida.

Litológicamente se encuentra constituida por brechas calcáreas más o menos cementadas por una matriz arcillosa rojiza y frecuentemente karstificada. Junto a las karstificaciones y también en superficie es posible observar abundantes envueltas oncolíticas. El espesor de la unidad no supera los 10 m, aunque debido a la irregularidad de paleorrelieve infrayacente, puedan existir lugares en donde la potencia sea mayor (20 a 25 m).

Desde el punto de vista sedimentológico, poco podemos decir sobre la unidad. Tan sólo señalar su aspecto masivo, sin ningún tipo de organización interna por lo que deducimos sólo el carácter proximal de la unidad.

No hay datos paleontológicos ni litoestratigráficos que ayuden a situar la unidad en el tiempo, por lo que se ha recurrido a aspectos geomorfológicos. Estos nos llevan a la conclusión de enlazar esta unidad con la superficie de «páramo» que se sitúa al Norte y que morfológicamente son equivalentes. Por todo esto le asignamos una edad Plioceno.

1.6. CUATERNARIO

La práctica totalidad de los depósitos cuaternarios se encuentran en las proximidades de los cauces principales que atraviesan la Hoja. Se han diferenciado cinco tipos de depósitos relacionados con la evolución geomorfológica.

1.6.1. **Arcillas y gravas (28). Glacis**

Se han representado en este apartado todos aquellos que manifiestan una morfología de glacis. Afloran en la parte oriental de la Hoja, junto a los depósitos de terrazas y aluviales de los ríos Jalón y Arroyo de Santa Cristina, respectivamente.

Su constitución litológica está formada a partir de gravas poligénicas de cantos subangulosos a subredondeados de naturaleza calcárea y areniscosa. La matriz es fundamentalmente limo-arcillosa de tonalidades rojizas y pardas.

Respecto a la edad, se ha considerado como Cuaternario s. I.

1.6.2. **Gravas, arenas y arcillas (29). Terrazas**

Se incluyen en este apartado los depósitos de terrazas, que de forma continua aparecen en la margen derecha del río Jalón, entre las localidades de Arcos de Jalón y Santa María de Huerta.

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 aparecen limos que difícilmente son reconocibles, a no ser que presenten escarpe.

Aparecen estructuras típicas del medio fluvial, como estratificaciones cruzadas planares y a veces en surco, barras de cantos e imbricación.

Se han reconocido hasta tres niveles de terrazas, pero se han cartografiado como una sola unidad, a la cual se le ha dado una edad Cuaternario s. I.

1.6.3. Arcillas y limos (30). Depósitos aluviales

Se incluyen en este apartado todos los depósitos de origen aluvial que aparecen en las márgenes próximas a los cursos actuales de los ríos y arroyos que atraviesan la Hoja.

En general corresponden a depósitos de llanura de inundación con espesores entre 5 y 8 m.

1.6.4. Derrubios de ladera (31)

Estos depósitos se encuentran escasamente representados en la Hoja. Tan sólo se han detectado en las laderas de la margen izquierda del río Jalón y en puntos aislados en el cuadrante nororiental de la Hoja.

Litológicamente su constitución es fundamentalmente arcillosa con gravas angulosas procedentes de los relieves próximos, generalmente calcáreas.

Morfológicamente presentan una acusada pendiente deposicional y su espesor varía en función de la pendiente.

1.6.5. Cuaternario indiferenciado (32)

Corresponde esta unidad a un pequeño afloramiento situado en la parte centro-oriental de la Hoja y constituyen depósitos de relleno de una pequeña depresión morfológica existente en ese lugar.

Presentan la misma litología que los derrubios de ladera, pero morfoestructuralmente no son similares, por lo que los hemos considerando como depósitos indiferenciados.

2. TECTÓNICA

En este capítulo se recoge de forma esquemática la estructura de la Hoja de Arcos de Jalón, concretamente en lo que se refiere a la tectónica del Alpino, para lo cual se han seguido los siguientes pasos:

2.1. DESCRIPCIÓN MACROESTRUCTURAL

Desde el punto de vista estructural, la Hoja de Arcos de Jalón (435) puede dividirse en dos sectores claramente diferenciados: (1) el sector de Medinaceli, que cubre únicamente el ángulo situado al SO de la línea Alcubilla-Somaén, y pertenece al dominio de la rama castellana de la Cordillera Ibérica, y (2) el resto de la Hoja, perteneciente al dominio de la cuenca terciaria de Almazán.

2.1.1. Sector de Medinaceli

Predominan en este sector los materiales del Triás y Lías inferior afectados por pliegues de ejes subhorizontales, siempre próximos a la dirección E-O (entre 070 y 090) y de escaso desarrollo longitudinal (1-3 km); tienen geometría isopaca y generalmente aparecen poco apretados (son escasos los buzamientos de flancos superiores a 45°). En el núcleo de los anticlinales no llega a aflorar nunca el zócalo paleozóico, pero sí se encuentra afectado el tegumento (Buntsandstein y Muschelkalk), cuyo comportamiento solidario con el zócalo se conoce regionalmente en toda la Cordillera Ibérica. A la vez, el Keuper no parece haber actuado aquí como nivel de despegue generalizado, ya que no se observa ninguna disarmonía clara en el plegamiento de la cobertera liásica. Sólo a escala de afloramiento aparecen síntomas de mecanización del contacto entre Keuper y Lías, con algún repliegue brusco del mismo y zonas brechificadas de amplitud decimétrica (por ejemplo, en el km 1 de la carretera a Velilla de Medinaceli). Por consiguiente, cabe considerar estos pliegues, en líneas generales, como anticlinales de fondo o anticlinales de zócalo-cobertera.

Respecto a la facturación de escala cartográfica, ésta sigue direcciones preferentes similares a las de los pliegues: E a ENE. En el área entre Somaén y Lodaes parecen diferenciarse, sin embargo, dos familias según orientaciones NE y NO, respectivamente.

Fuera de este sector de Medinaceli, los materiales mesozoicos afloran sólo en la vertiente NO del puerto de Radona, donde aparecen formaciones del Cretácico superior afectadas por un anticlinal laxo, también de orientación aproximada 070.

2.1.2. Estructura del contacto entre el Mesozoico y el Terciario de la Cuenca de Almazán

El Terciario detrítico del sector correspondiente a la Cuenca de Almazán se apoya sobre el Mesozoico del sector de Medinaceli por medio de una discordancia, que frecuentemente tiene carácter angular y tiende a fosilizar los pliegues E-O que afectan a este último. Si nos desplazamos de SE a NO a lo largo de la zona de contacto se observa cómo las cotas a las que se sitúa la discordancia son progresivamente más altas: menos de 900 m en Somaén; alrededor de 1.000 entre Jubera y el Alto de la Troya; 1.050 al E de Blocona, y 1.150 al N del Puerto de Radona. Al propio tiempo, los términos que se apoyan sobre el Mesozoico van siendo progresivamente más recientes: probable Mioceno inferior conglomerático en Somaén-Jubera; conglomerados y lutitas atribuibles quizá al Mioceno medio-superior a la altura de Blocona, y calizas terminales neógenas de Facies Páramo en el puerto de Radona, al Mioceno superior-Plioceno.

La cuenca da, por tanto, la impresión de haber ido progradando hacia el NO a lo largo del Neógeno. No así hacia el S, ya que son escasos los afloramientos terciarios más allá de la línea Velilla-Radona, a la vez que se observan, en distintos puntos de esta franja, rasgos propios de un borde de cuenca. El dispositivo estructural de éste podría estar relacionado tanto con estructuras de plegamiento como con fallas de componente normal (al menos al E de Blocona se observan pequeñas fallas normales sedimentarias en la base del Terciario conglomerático con dirección dominante NO-SE). De todos modos, de lo dicho anteriormente se desprende que las relaciones estructurales entre Mesozoico y Terciario a lo largo de la franja de contacto deben responder necesariamente a procesos tectónicos heterócronos, de manera que resulta difícil y desaconsejable considerar un único dispositivo para toda la franja.

Niveles neógenos de distintas edades situados a lo largo de esta zona de contacto registran todavía un cierto plegamiento, si bien no es posible asegurar que se trate en todos los casos de estructuras de origen compresivo. Sendos sinclinales laxos, con buzamientos de flancos entre 15 y 20° y dirección aproximada 110 pueden observarse, respectivamente, al E de Jubera y en la muela situada unos 2 km al NE de Blocona. El primero deforma capas conglomeráticas relativamente bajas en la serie, pero el segundo afecta a la caliza de los «Páramos». En la vertiente Sur del Puerto de Radona se observa un anticlinal suave (buzamiento máximo de flancos entre 8 y 10°), de directriz aproximada E-O, que afecta asimismo a las calizas de los «Páramos».

2.1.3. Cuenca de Almazán

Al dejar la franja en contacto con el Mesozoico plegado y adentrarnos en la cuenca de Almazán las deformaciones del Terciario van atenuándose progresivamente. Las calizas de los «Páramos» que coronan el gran relieve tabular del Puerto de Radona-Sierra de la Mata todavía presentan ciertas estructuras. Aparte del anticlinal mencionado en último lugar, registran cierta fracturación de escala mesoestructural, con dirección dominante ENE, destacando alguna falla normal con desplazamiento plurimétrico (por ejemplo, en el km 22 de la línea de ferrocarril inmediatamente al NE de Radona).

En los altos del Moedo (límite septentrional de la Hoja) la caliza de los «Páramos» parece encontrarse, por el contrario, totalmente plana (quizá con un basculamiento casi inapreciable hacia el Sur), mientras la formación de calizas y lutitas rojas que yace por debajo describe una amplia estructura sinclinal. La traza de esta última puede seguirse a lo largo de unos 6-7 km en el área al N de Utrilla-Aguaviva de la Vega; aunque la laxitud del pliegue dificulta la definición exacta de su eje, la orientación de éste parece próxima a ESE. Finalmente, en toda la porción central y oriental de la Hoja la serie neógena completa parece hallarse perfectamente horizontal.

2.2. ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL

Se han estudiado cinco estaciones de micro y mesoestructuras repartidas en materiales del Lías (estaciones 1 y 2), Cretácico superior (3), calizas neógenas inferiores de Arcos de Jalón (4) y calizas del Páramo (5). Hemos prestado una atención especial a las microestructuras frágiles, aplicando métodos de análisis estadístico de fallas que permiten la interpretación de los estados de paleoes-

fuerzo que pueden caracterizar la evolución tectónica del área (método de ETCHECOPAR *et al.*, 1.981; diagrama y-R de SIMÓN GÓMEZ, 1986). Los resultados del análisis microestructural se recogen en las figuras 7 y 7a

2.3. INTERPRETACIÓN TECTÓNICA

No resulta fácil saber si todos los pliegues del área se desarrollan en una sola o en varias etapas. Los de la dirección dominante 070-090 se encuentran afectando exclusivamente a materiales mesozoicos, y dan la impresión de ser fosilizados por los primeros depósitos neógenos de la cuenca de Almazán (caso del anticlinal que se corta entre Somaén y Velilla de Medinaceli y, quizá también, el situado al E de Blocona). Los pliegues 110, más escasos, afectan todos a materiales neógenos, incluida la caliza del Páramo. Por tanto, parece que serían, en general, posteriores a los 070-090, sin que ello suponga descartar la posibilidad de que estos últimos se hayan desarrollado también parcialmente durante el inicio del Neógeno.

Los datos microestructurales en la estación 3 podrían resultar coherentes con esa posible secuencia de plegamientos, ya que registran una probable compresión 170 anterior a otra 005. En cualquier caso, resulta más prudente pensar en un giro de la dirección de σ_1 durante una misma etapa compresiva que en la existencia de dos etapas separadas en el tiempo. Una compresión NNE se registra también, mediante picos estilolíticos, en las estaciones 2 y 4; en la primera de ellas las microestructuras son coherentes, y al parecer tardías, respecto a uno de los pliegues 110 citados; en la segunda afecta a capas del Mioceno inferior. No hay, por tanto, grandes dudas acerca de la edad intraneógena de esta compresión.

Aunque registrada sólo a escala microestructural (estaciones 1 y 2), la compresión ENE sí debe de corresponder a otra etapa distinta, anterior a la N-NNE a juzgar por la secuencia de estructuras de la estación 2. En las vecinas Hojas de Torrijo de la Cañada y Alhama de Aragón constituye una etapa de gran importancia, responsable de las macroestructuras de plegamiento principales en el contacto oriental de la cuenca de Almazán con la Cordillera Ibérica. El desarrollo de estas últimas es contemporáneo de la sedimentación de al menos una parte del Paleógeno, dando lugar a una extensa discordancia progresiva; su cese habría que situarlo probablemente en el inicio del Mioceno, ya que aproximadamente en el tránsito de las capas sintectónicas a las posttectónicas se ha encontrado fauna de vertebrados datada en la biozona MN 2 (Ageniense) (yacimiento de Cetina: DAAMS, 1.976).

En la estación 1 está representada otra compresión aún más temprana de dirección 150, la cual produce estilolitos y fallas que son cortados por las estructuras correspondientes a la compresión ENE. También en las vecinas Hojas de Alhama de Aragón y Torrijo de la Cañada aparece esta misma discreción de esfuerzos y con idéntica relación cronológica.

Un rasgo peculiar de la evolución tectónica que muestra esta Hoja de Arcos de Jalón es el mantenimiento de estados compresivos hasta tiempos más recientes que en otras áreas contiguas. Hemos mencionado dos pliegues suaves que afectan a las calizas del Páramo: el anticlinal del Puerto de Radona y el sinclinal de la Muela al NE de Blocona. No hay seguridad, es cierto, de que estructuras tan laxas como las mencionadas correspondan realmente a una tectónica de

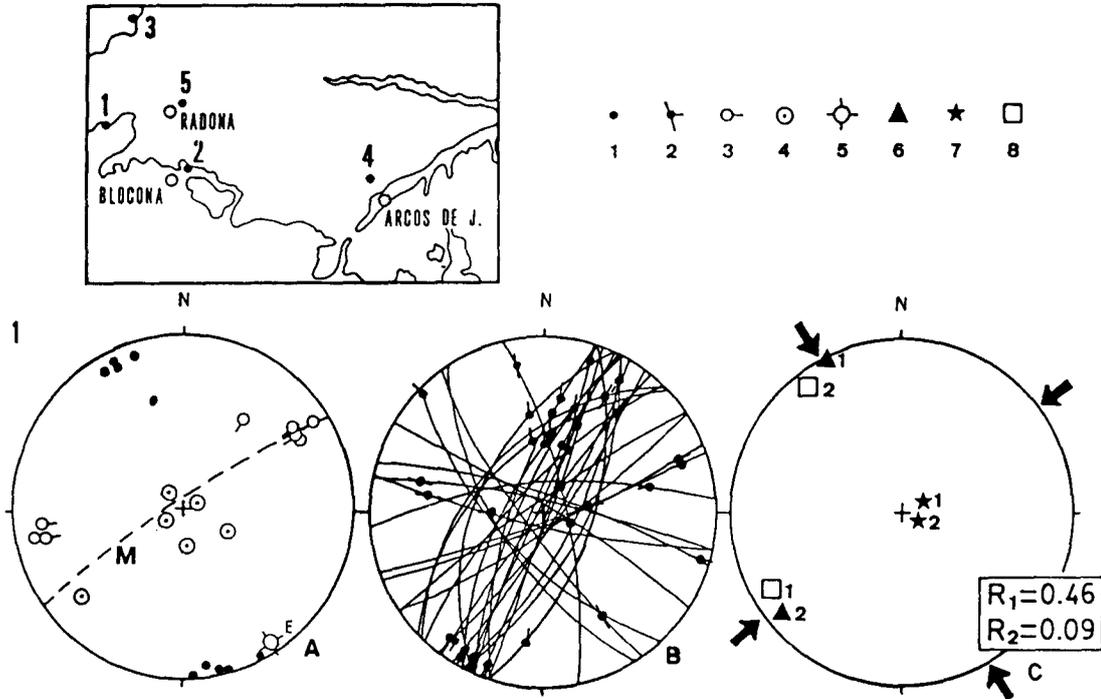


Fig.-7 Resultados del análisis microestructural. 1: Estación de Alcubilla; A y B: datos microestructurales; C: tensores de esfuerzos obtenidos del análisis de fallas; Símbolos: 1: pico estilolítico; 2: ciclográfica y estria de falla; 3: estria de deslizamiento "capa sobre capa"; 4: polo de estratificación; 5: eje demesoplague; 6: O_1 ; 7: O_2 ; 8: O_3 ; $R = (O_2 - O_3) / (O_1 - O_3)$.

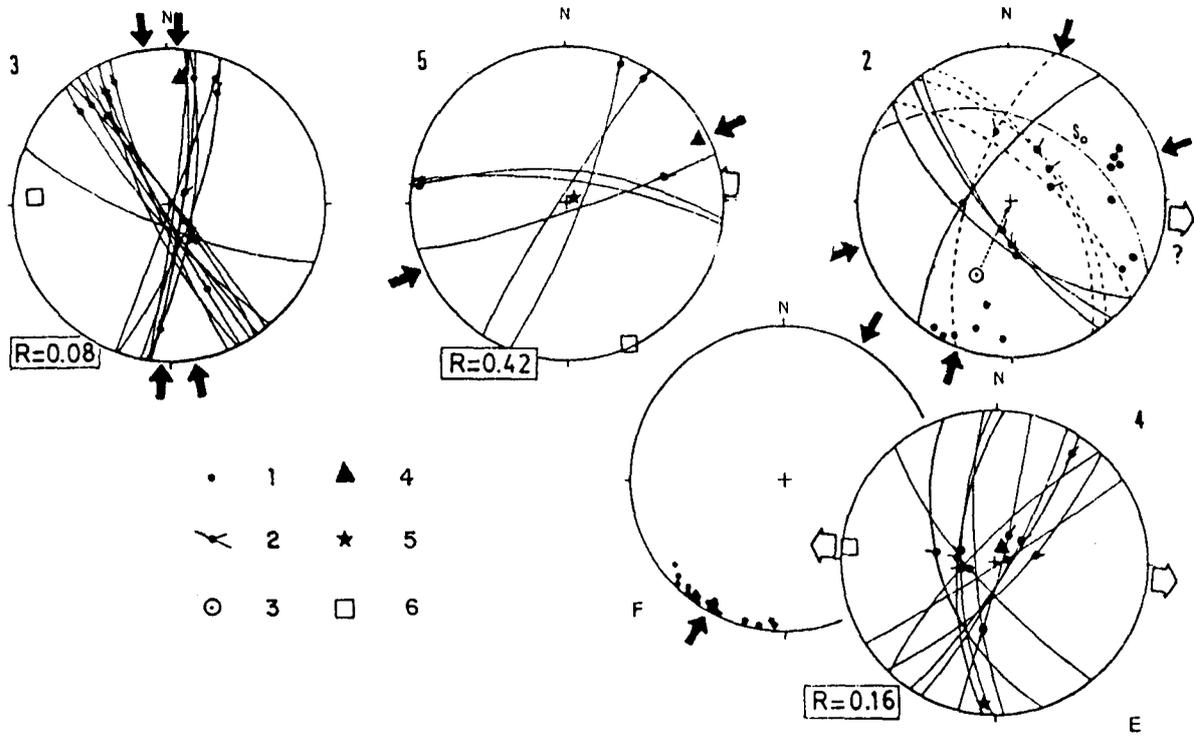


Fig.-7a Resultados del análisis microestructural. 2: Estación de Blocona. 3: Estación de Puerto de Radona.
 Símbolos: 1: pico estilolítico; 2: ciclográfica y estria de falla; 3: polo de estratificación; 4: O₁; 5: O₂;
 6: O₃ $R = (O_2 - O_3) / (O_1 - O_3)$

signo compresivo; sin embargo, no deja de resultar significativo que ambos ejes se orienten entre E y ESE, paralelos, por tanto, al resto de pliegues del área. El sinclinal de Blocona afecta, además, al Lías infrayacente, en perfecta coherencia geométrica con otros pliegues que aparecen en materiales mesozoicos. Por otra parte, un estado compresivo ha sido también detectado a escala microestructural, aunque a partir de un número de fallas muy pequeño en la estación 5. En este caso, la dirección de σ_1 , se orienta 064, lo cual sugiere que esta eventual compresión tardineógena pudo compartir las que parecen ser las dos direcciones regionales básicas: NNE y ENE.

Respecto a los estados distensivos, no existen datos suficientes para caracterizar posibles etapas y su cronología. En la estación 4 ha sido interpretado un buen tensor distensivo con σ_3 según 094; en Blocona se han citado asimismo una serie de fallas normales intrasedimentarias NNO, que sugerirían una extensión según ENE. El primero afecta a depósitos del Mioceno inferior, mientras las segundas podrían haber actuado durante el Mioceno medio. Ésta sería, pues, la edad más probable para unos movimientos distensivos que, con esas mismas direcciones ENE y ESE, están registrados también en las vecinas Hojas de Torrijo de la Cañada (408) y Alhama de Aragón (436).

En resumen, las etapas esenciales de la evolución tectónica del área son las siguientes:

— Posible compresión SE, reflejada sólo a escala microestructural y escasamente documentada. Probable edad Paleógeno inferior.

— Compresión ENE, que produce abundantes microestructuras, y de la que se ha observado un solo pliegue de escala mesoestructural. Por los datos regionales puede asignársele una edad que abarca desde mediados del Paleógeno hasta el Ageniense.

— Compresión N a NNE, responsable probablemente de la mayoría de las macroestructuras de plegamiento existentes en la Hoja. Quizá en sus inicios lleva dirección más bien 170, para posteriormente girar a 010-030. Su actividad comenzaría hacia el inicio del Mioceno, dando los pliegues 070-090, para continuar luego durante todo el Mioceno inferior, produciendo los pliegues 110, e incluso prolongarse (seguramente atenuada y con carácter local y esporádico dentro de un régimen en general distensivo) hasta el Neógeno tardío.

— Distensión ENE a ESE, que dominaría probablemente a partir del Mioceno medio, si bien superpuesta a la compresión NNE que, según señalamos en el párrafo anterior, aún se mantendría latente y tendría manifestaciones episódicas.

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

— La compresión temprana 135-150 podría equivaler a la que cita ÁLVARO (1.975) como responsable de las estructuras de «dirección Guadarrama» en el área de Sigüenza, posteriormente detectada en otros puntos de la Rama Castellana y la Sierra de Altomira (CAPOTE *et al.*, 1.982).

La compresión ENE se relaciona con la principal etapa de plegamiento de la Cordillera Ibérica, responsable de sus macroestructuras principales. En líneas generales puede considerarse posterior a la 150, y los pliegues que genera en ésta región se superponen, de hecho, a los de dirección

Guadarrama. Sin embargo, han sido encontradas asimismo relaciones cronológicas de microestructuras contrarias a dicha secuencia, lo que mueve a pensar en la posible existencia de un período de tiempo durante el cual se produce compresión simultánea en las dos direcciones (IGME, 1.981, a, b, c; DE VICENTE, 1.988).

— La compresión intramiocena inferior también está presente en otras muchas áreas. Con una orientación similar a la encontrada aquí (000-030) aparece en el borde Norte de Cameros (CASAS, 1.987), y en el sector occidental de la depresión del Ebro (GRACIA y SIMÓN, 1.986); en la rama castellana se orienta N-S (CAPOTE *et al.*, 1.982), mientras en la parte centro-oriental de la cadena es más bien SSE (SIMÓN y APARICIO, 1.988).

— Una distensión ENE durante el Mioceno medio encaja en lo que parece ser el régimen dominante en la cadena a partir de esa edad. En su sector oriental la dirección de extensión es ESE (SIMÓN, 1.986), en evidente relación con el proceso de *rifting* que se desarrolla en todo 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). La cuasi-coaxialidad de los elipsoides de esfuerzo compresivo y distensivo inferidos en la estación 4 apoyaría esta segunda hipótesis. En cualquier caso, bien porque la distensión sea un efecto secundario de la compresión o bien porque ambas representen campos de esfuerzo superpuestos, lo cierto es que todos los indicios apuntan a la existencia de alguna forma de coexistencia regional de los dos regímenes en grandes ámbitos de la Cordillera Ibérica durante el Neógeno (SIMÓN y APARICIO, 1.988). En este contexto, resulta lógico que el tránsito progresivo desde la compresión anterior N-S a esta distensión E-O, por intercambio de los ejes σ_1 y σ_2 , sea la tónica común en todo el cuadrante NE de la Península (SIMÓN, 1.986; GRACIA y SIMÓN, 1.986).

3. GEOMORFOLOGÍA

Desde el punto de vista geomorfológico, esta Hoja se encuentra ubicada entre dos grandes unidades morfoestructurales. Por un lado, los relieves mesozoicos correspondientes a la rama castellana y de la Cordillera Ibérica y, por otro, los relativos a la cuenca terciaria de Almazán, apéndice oriental de la cuenca del Duero. En líneas generales se trata de un área de relieve sin grandes Sierras, con contrastes no muy acusados, y derivados de la acción erosiva del río Jalón, que es la arteria principal que atraviesa esta Hoja, y sus afluentes. En síntesis, se trata de una gran paramera disectada por la red fluvial, elaborada sobre terrenos plegados mesozoicos y formaciones horizontales neógenas.

Para llevar a cabo el análisis geomorfológico, se ha estimado conveniente efectuar una descripción ordenada temporalmente en función de los distintos acontecimientos geomorfológicos que se han sucedido en esta región, comenzando desde los más antiguos hasta los procesos vigentes en la actualidad.

El rasgo geomorfológico más antiguo que se reconoce es la presencia de una superficie de erosión desarrollada en el ángulo suroccidental del estudio, en afloramientos de pequeña extensión.

También puede observarse una superficie de erosión, fosilizada por materiales terciarios en el desfiladero labrado por el río Jalón, entre Somaén y Jubera. Estas circunstancias se observan en numerosos puntos de la Cordillera Ibérica, llegándose en algunos lugares a exhumarse esta superficie. Estimamos que se trata de un mismo aplanamiento situado, en posición somital y en posición deprimida en el borde de la cuenca terciaria. Se trata de la superficie de erosión intramiocena que puede correlacionarse con la superficie «A» de GLADFELTER (1.971). En posible relación con esta superficie de erosión se reconocen, unos 5 km al Norte de Medinaceli, procesos de karstificación ligados a mineralizaciones de oxihidróxidos de hierro, en los que aparecen contactos muy irregulares en las calizas jurásicas y depósitos de carbonatos espeleotémicos. Estos datos parecen indicar una etapa de karstificación de posible edad intramiocena.

Los materiales mesozoicos aflorantes al Suroeste y Oeste aparecen arrasados por una superficie de erosión muy bien conservada, que se encaja en la anterior, configurando un piedemonte hacia la cuenca de Almazán.

Esta superficie más baja presenta un claro enrasamiento con el techo del «páramo» más alto existente en esta Hoja (SÁNCHEZ DE LA TORRE, 1.963). Este enlace puede ser de tipo directo tal y como ocurre en el noroeste de la Hoja, o bien en otros casos se observa una perfecta correlación altimétrica entre afloramientos mesozoicos separados a cierta distancia del páramo fundamental, que presenta una perfecta horizontalidad. Este enrasamiento nos indica que la etapa final de elaboración de la superficie de erosión más baja tiene la misma edad que la sedimentación en la mayoría de los casos, presenta algunos problemas a causa de la presencia de ligeras deformaciones en forma de pliegues muy suaves y de gran radio, que afectan a las calizas del «páramo». A su vez, se observan arrasamientos locales que afectan a estas estructuras. En este caso, deberíamos hablar, más que de una superficie de colmatación, de una superficie de erosión. Sin embargo, no hemos observado depósitos detríticos sobre las partes superiores de la caliza del «páramo». Estas ambigüedades nos llevan a definir la superficie del «páramo» somital como una superficie de colmatación-erosión.

Esta superficie es la que presenta un mayor desarrollo en la Cordillera Ibérica y PEÑA *et al.* (1.984) la denominada superficie de erosión de la Cordillera Ibérica. Puede correlacionarse con la superficie «B» de GLADFELTER (1.971) y GRACIA *et al.* (1.987). En su trabajo sobre las superficies de erosión en el sector central de la Cordillera Ibérica, señalan una edad de Turolense para la elaboración final de esta superficie.

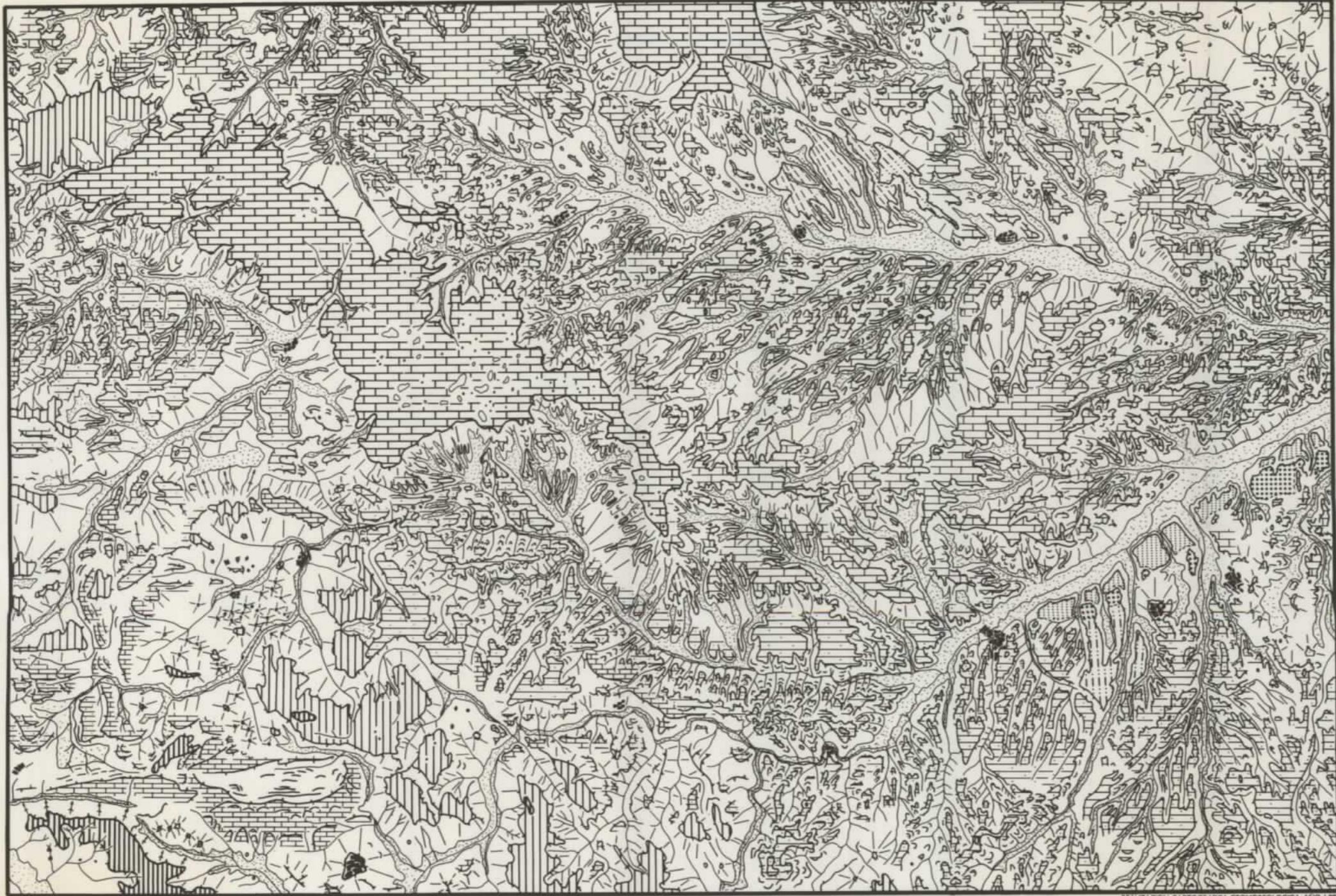
Tanto sobre las superficies de erosión como sobre el «páramo fundamental», se ha desarrollado una intensa karstificación, que se manifiesta por la existencia de diferentes tipos de lapiaces, de los que el *holkarren* o rocas perforadas es el más dominante, sobre todo, en las calizas del «páramo». MOLINA y ARMENTEROS (1.986) efectúan estudios detallados de los rellenos kársticos de las calizas del «páramo» en el sector suroriental de la cuenca del Duero, reconociendo bolsones de disolución y masas botriformes de calcita en el interior de las arcillas rojas, estando la fracción arcilla formada por proporciones semejantes de illita-mica y caolinita. Estas observaciones se efectúan en esta Hoja en las calizas de «páramo» del puerto de Radona, al noroeste de la Hoja.

También existen extensos campos de dolinas y uvalas, de dos tipos morfológicos. En general, las de mayor tamaño, son dolinas en cubeta con bordes muy difusos y en elevado estado de degra-

ARCOS DE JALÓN

435
23 -17

MAPA GEOMORFOLÓGICO



LEYENDA

SUPERFICIES DE EROSIÓN

- Superficie de erosión intramiocena
- Superficie de erosión finisicena

MODELADO ESTRUCTURAL

- MESOZOICO
- Barris
 - Cuestas y hog-backs
 - Líneas de caps dura
 - Aristas
 - Cherosos
 - Superficie estructural en calizas
 - Superficie estructural en areniscas

TERCIARIO

- Puzalforms, mesas y gradas en Conglomerados y areniscas
- Puzalforms, mesas y gradas en calizas
- Plataforma en paramo culminante

FORMAS ACUMULATIVAS

- CUATERNARIO
- GLACIS
- Glacis
 - Glacis inferior
 - Derrames o glacis recientes

TERRAZAS

- T₁
- T₂
- T₃

LADERAS

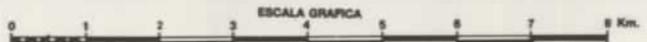
- Laderas regularizadas
- Laderas con proceso de soliflución
- Deslizamientos

RED FLUVIAL

- Berranços de incisión lineal
- Valles de fondo plano
- Cárcavas

OTRAS FORMAS Y SÍMBOLOS

- Dolinas
- Contactos netos
- Escarpes en depósitos cuaternarios
- Núcleos de población



REALIZACIÓN CARTOGRAFICA GEOMORFOLOGICA AÑO-1-1981
BENITO FERNANDEZ, G.
GUTIERREZ ELORZA, M.
SANCHO MARCEN, C.

dación; presentan rellenos más o menos importantes de arcillas de descalcificación. Las de menores dimensiones suelen ser frecuentemente dolinas en embudo. Tanto unas como otras aparecen, en algunos casos, capturadas por la red fluvial actual, reconociéndose morfologías en anfiteatro derivadas de la antigua forma de la dolina. Esta karstificación presenta un gran desarrollo en la Cordillera Ibérica, tanto en materiales carbonatados mesozoicos como terciarios, y la edad de la etapa principal de desarrollo de la misma está considerada como del Plioceno superior por GUTIÉRREZ *et al.* (1.982), aunque ha debido continuar en épocas posteriores.

A diferencia de otros piedemontes de la Cordillera Ibérica, en esta Hoja no existe representación de depósitos pliocuaternarios. Únicamente se conservan formas erosivas y acumulativas cuaternarias, resultantes fundamentalmente de la acción de la red fluvial cuaternaria sobre las superficies de erosión y acumulación neógenas, anteriormente descritas.

Estos continuos ataques de la red fluvial traen como consecuencia el desarrollo de distintos tipos de modelados estructurales. Así, se pueden distinguir dos tipos de relieves en función de las deformaciones tectónicas a las que han estado sometidos los materiales. Los modelados estructurales mesozoicos, que se desarrollan básicamente en la región meridional y occidental, están constituidos por barras, *hog-backs* y cuestas, así como por algunos *chevrans* existentes en las calizas y dolomías del Muschelkalk. Todas estas formas descritas presentan un escaso desarrollo longitudinal. El modelado estructural que afecta a los materiales neógenos se caracteriza por la presencia de plataformas más o menos extensas y mesas de diferentes dimensiones. Al pie de estos relieves culminantes se desarrolla un típico relieve en graderío resultante de una erosión diferencial. Localmente, y como consecuencia de pequeños basculamientos que afectan a los depósitos neógenos, pueden desarrollarse cuestas de pequeño recorrido.

La arteria principal, constituida por el río Jalón, se encaja entre Lodares y Somaén, labrando profundas gargantas. Aguas abajo de Arcos de Jalón, se desarrolla en la margen derecha un sistema de terrazas encajadas en el que se reconocen tres niveles situados a 3 m, 12 m y 25 m sobre el cauce actual, reconocidos por LERANOS (1.987) en la región de Alhama de Aragón. El espectro litológico corresponde a materiales de procedencia mesozoica. Igualmente, se distingue un nivel de glacis que empalma con la terraza situada a mayor altura. También al pie del páramo somital de Monte Moedo se reconocen dos niveles de glacis encajados por encima del arroyo Margón. Igualmente, al Sur de la Sierra de la Mata existen pequeños retazos de un nivel de glacis.

La red fluvial secundaria se caracteriza por presentar en las cabeceras morfologías de barrancos de incisión lineal y en sus tramos más bajos valles de fondo plano.

Las laderas presentan morfologías distintas. Las elaboradas sobre materiales arcillosos del Keuper tienen una soliflución funcional, observándose en ocasiones grandes bloques de escala métrica y decamétrica procedentes de las cornisas de carniolas que han deslizado a favor de las arcillas plásticas. Al pie de algunas plataformas y mesas de calizas y conglomerados neógenos se reconocen bloques decimétricos y métricos tapizando irregularmente la ladera y situados sobre el sustrato. Finalmente, por debajo de los cantiles de los «páramos» somitales existen depósitos de hasta más de 3 m de potencia visible, que tapizan las vertientes. La evolución de estas laderas permiten reconocer algunos vestigios de vertientes tripartitas.

Los procesos de erosión diferencial han elaborado pequeños modelados fungiformes (tormos) en los niveles carbonatados al Este de Arcos de Jalón. También en las areniscas del Buntsandstein existen muy buenos ejemplos de procesos de alveolinización y tafonización.

4. HISTORIA GEOLÓGICA

Para atender 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. Es por esto que al describir este capítulo tengamos en cuenta que la Hoja de Arcos de Jalón (435) se encuentra situada entre dos claros dominios: por un lado, los relieves estructurales de la Cordillera Ibérica, con materiales de edad mesozoica, y del otro, la Depresión o Fosa Terciaria de Almazán. Ambos con estilos y características geológicas diferentes, pero con estrecha relación tectosedimentaria.

De la Cordillera Ibérica diremos que es una cadena de tipo intermedio, cuyo mayor desarrollo tuvo lugar durante la Orogenia Alpina. Su evolución tectosedimentaria está suficientemente influenciada por ella (Fig. 8). Sin embargo, se ha de tener muy en cuenta que los movimientos producidos durante esta Orogenia han sido reactivaciones de los existentes en la Orogenia Hercínic. Ambas conforman una superposición de estilos que para la Cordillera Ibérica se conocen como de «zócalo» y «cobertera».

En la Hoja de Arcos de Jalón la Historia Geológica comienza con los depósitos de cobertera, concretamente con los sedimentos del Triásico inferior en Facies Buntsandstein, que marcan el inicio del Mesozoico y la aparición del «Estilo Alpino».

En la región, a la cual pertenece esta Hoja, la Facies Buntsandstein se deposita en una cuenca continental distensiva originada a partir de un proceso de *rifting* durante el Carbonífero y Pérmico y controlado por una tectónica de bloques que da lugar a fuertes cambios en los espesores de esta facies. Éstos, se atenúan hacia el Este de forma ostensible (Umbral de Ateca) y aumentan hacia el Sureste (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 la entrada del mar y a la colmatación de la cuenca por episodios marino-lagunares, representados por las Facies Muschelkalk. Ésta forma en el conjunto de la Cordillera Ibérica un gran ciclo transgresivo-regresivo en el que pueden distinguirse tres subciclos.

En la región sólo se encuentra representado el superior en dos tipos de facies. Por un lado, las de predominio, casi absoluto, de carbonatos, y por otro lado, aunque escaso, las de predominio mixto detrítico-carbonático.

La aparición de depósitos detríticos finos en los tramos superiores de este tercer ciclo muestra una cierta proximidad al continente. Esta cercanía se refleja en áreas occidentales a la zona de estudio.

En el borde oriental de la depresión de Almazán, concretamente en la Hoja de Alhama de Aragón, la Facies Buntsandstein la consideramos, aunque sin soporte estratigráfico alguno, equivalente

lateral de los dos subciclos inferiores de la Facies Muschelkalk (tramos a-b y c-d de la Fig. 2).

El tercer subciclo de la Facies Muschelkalk se manifiesta en la región por las facies regresivas producidas por la progradación de medios supramareales e instalación de ambientes salobres *sabkas* que dan paso a la denominada Facies Keuper con la que culmina la evolución y sedimentación de la cuenca triásica.

El tránsito Triásico-Jurásico viene caracterizado por la aparición de la Formación Dolomías tableadas de Imón y parte de la Formación Carniolas de Cortes de Tajuña, que representan, aunque a impulsos, la preparación de la cuenca a la transgresión jurásica.

El Jurásico inferior, se caracteriza por las Formaciones Carniolas de Cortes de Tajuña y Alternancias de dolomías y calizas de Cuevas Labradas, que indican la aparición paulatina de una extensa plataforma carbonatada generada a partir de una subsidencia por movimientos de flexura y contracciones térmicas. La subsidencia de la plataforma se compensa con una elevada tasa de producción de carbonatos, que se depositan en ambientes someros, perdurables hasta el Liás medio.

El Liásico medio culmina con la instalación de un lagoon extenso, cerrado y protegido del mar abierto por barreras bioclásticas y está representado en la Hoja por las formaciones de Margas grises del Cerro del Pez y Calizas bioclásticas de Barahona.

A finales del Liásico medio y comienzos del Liásico superior la cuenca jurásica vuelve a adquirir un carácter subsidente, producido en parte por la fragmentación de la plataforma, y consecuentemente aparecen de nuevo facies carbonatadas de mar abierto (Formación Alternancias de calizas y margas de Turmiel). Estas condiciones se generalizan durante el Dogger. En este período vuelve a generarse otra tasa de producción de carbonatos elevada, Formación Carbonatada de Chelva, escasamente representada en la Hoja, pero de interés paleogeográfico importante. Con estos depósitos termina, al menos, la sedimentación carbonática del Jurásico y comienza el ciclo erosivo del Cretácico inferior.

La existencia de depósitos continentales en Facies Weald, representados en la Hoja de Arcos de Jalón por un pequeño afloramiento, en su borde suroriental, sobre los depósitos bioclásticos de la Formación Barahona, denuncia el inicio del ciclo Cretácico, que se caracteriza por la fuerte reactivación tectónica que sufre la Cordillera para configurar un conjunto de *horst* y *graben* controlados por fracturas posthercínicas (Fig. 8).

Sobre este edificio ya formado se instalan los depósitos siliciclásticos de la Formación Utrillas, que se apoyan en discordancia erosiva sobre cualquier material infrayacente comprendido entre el Jurásico y el Cretácico inferior en Facies Weald. Para esta Hoja, el hecho de que esta formación no aparezca sobre el triásico, a diferencia de lo que ocurre en otras hojas vecinas, induce a pensar que era un área levantada durante la sedimentación de la misma. No obstante la Formación Utrillas manifiesta un aspecto uniforme y expansivo en toda la cuenca y suaviza los relieves creados por la actividad tectónica. Su sedimentación culmina por la elevación relativa del nivel de mar que marca el inicio de un gran «Ciclo Transgresivo-Regresivo» correspondiente al Cretácico superior y en el que tiene lugar una etapa de subsidencia controlada que se extiende por todo el ámbito Celtibérico. La existencia de discontinuidades de carácter regional en este gran ciclo,

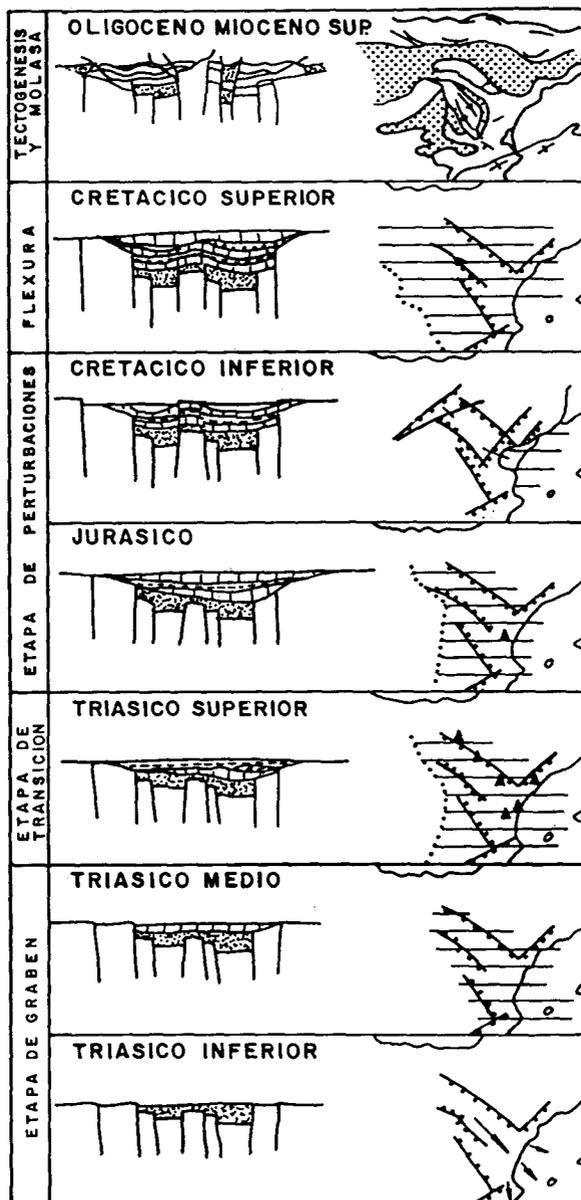


Fig.-8 Representación esquemática de la evolución tectosedimentaria de la Cordillera Ibérica según ALVARO et al., 1978.

permite diferenciar tres etapas evolutivas, equivalentes a secuencias deposicionales (Fig. 6), incompletas en esta Hoja.

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 ambiente subinter y, posiblemente, supramareales. La evolución secuencial es de somerización (*shallowing upward*). El hecho está impuesto por un cambio brusco en las condiciones de sedimentación que se registra en la unidad suprayacente.

La etapa media corresponde al Cenomaniense superior-Turonense 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 Turonense superior-Coniacense inferior.

En esta zona no está representada la última etapa del ciclo que marca la regresión finicretácica por lo que hay que basarse en los afloramientos localizados en Embid de Ariza (Hoja de Torrijo de la Cañada, 408) por ser los más próximos. 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, que indican un máximo transgresivo.

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, que pasó de ser un surco sedimentario complejo con subsidencia en régimen extensional, a configurarse como un área emergida y sometida a una fuerte compresión, que dio lugar a 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 (Cuenca de Almazán).

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.

En la Hoja de Arcos de Jalón sólo se encuentran los depósitos pertenecientes al Mioceno y Plioceno. Éstos representan la culminación y colmatación de la cuenca terciaria a partir de las etapas finales de diastrofismo, producido en el Oligoceno y Mioceno inferior. (Fase Neocastellana de AGUIRRE *et al.*, 1.976) y que a su vez da lugar a formaciones conglomeráticas representadas en zonas más septentrionales a la Hoja. Comienzan pues, 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 en

un supuesto movimiento decelerado, que da lugar en los bordes de la cuenca a depósitos en abanicos de capas (Mioceno inferior-medio).

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 que ocasionan movimientos eustáticos para explicar las colmataciones y reactivaciones que se producen en las cuencas neógenas, representadas por cambios secuenciales en la sedimentación. Estos son visibles en el ámbito de la zona de estudio, mediante tránsitos bruscos en la granulometría y litología.

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», que a su vez sirve de superficie geomorfológica fundamental de la Cuenca de Almazán.

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

5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

5.1. MINERÍA Y CANTERAS

El estudio del potencial minero del área comprendida en esta Hoja se ha iniciado con un análisis de la documentación existente en torno a la actividad minera que se ha constatado y ampliado con visitas selectivas de campo para, por último, integrar esta información con los datos e interpretaciones del presente estudio geológico.

En el mapa metalogenético de España 1:200.000 número 39, Sigüenza, se registran los siguientes indicios:

— Siete indicios de hierro (números 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16) que se localizan en los Municipios de Medinaceli, Somaén, Sagides y Vellilla de Medinaceli.

En el mapa de Rocas Industriales 1:200.000 número 39, Sigüenza, se registran:

- Veintitrés de calizas.
- Nueve de arcillas.
- Seis de gravas y arenas.
- Dos de tierras especiales.
- Dos de yeso.
- Uno de areniscas.

De estos yacimientos, seis eran explotaciones activas en 1974, diecinueve eran inactivos y dieciocho se consideraban como yacimientos potenciales que no habían sido explotados.

También se ha consultado el inventario y *mapa de indicios hierros* de la Comunidad Autónoma de Castilla y León para la provincia de Soria, donde se reseñan cinco indicios de hierro y uno de carbón.

En el presente estudio se han visitado diez indicios de los catorce que se reseñan en el plano y que corresponden: nueve a indicios de hierro, uno de carbón, uno de calizas y tres de creta.

En el presente estudio de minería y canteras, los yacimientos existentes se describen y evalúan agrupándose por sustancias, clasificándose dentro de los siguientes grupos:

- Yacimientos de hierro (nueve indicios).
- Minerales energéticos (un indicio).
- Rocas industriales (cuatro indicios).

El número de indicios registrados en este estudio no coincide, por exceso o por defecto, con el número de indicios registrados en estudios monográficos de la zona anteriormente citados, ya que únicamente se reseñan los que se consideran de mayor interés remitiéndose al lector a las fuentes citadas para una ampliación de los datos aquí reseñados.

Yacimientos de hierro

En la Hoja de Arcos de Jalón (435) son éstos los únicos indicios de minerales metálicos que se identifican en la zona, y como quiera que se distribuyen espacialmente y estratigráficamente de forma similar se describen a continuación de forma conjunta para los indicios identificados en la Hoja con los números 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 14, después de algunas consideraciones individualizadas sobre alguno de ellos.

El indicio número 2 se localiza junto a la carretera de Velilla de Medinaceli próximo a su confluencia con la CN-II, se denomina «Mina de Uclera» y el paraje donde se localiza es el de Río Blanco.

El indicio número 2 está situado al Sur de la Hoja, en el Pasaje Lindero Monte de Somaén y se conoce localmente con el nombre de Mina de Valdemartín.

Los indicios números 5, 6 y 7 corresponden a la zona donde se han desarrollado más labores y el acceso al área se analiza desde el p. k. 155 de la CC número 111 por una pista de tierra que llega hasta el pasaje conocido como Corral del Ventero.

Los indicios números 8 y 9 corresponden a unas calicatas de reconocimiento y el indicio número 10 identifica unas explotaciones antiguas, mediante socavones, localizadas en el contacto mismo de las brechas terciarias de la unidad (18) sobre las carniolas (5), a un kilómetro al Este de la localidad de Jubera.

Estos indicios de hierro que se reseñan, no presentan, en general, un interés significativo al estudiarlos individualizadamente, pero al considerarlos integrados como un conjunto de datos pueden entenderse como «una manifestación de algo que bajo el Terciario puede alcanzar alguna significación».

La mineralización de hierro de estos indicios se caracteriza por estar asociada a rocas carbonatadas intensamente fracturadas y karstificadas del Triásico-Liásico, Muschelkalk en los indicios números 2, 3 y 5 y Carniolas en los indicios 6 y 7. Sobre estas unidades se apoya la unidad detrítica de arcillas y brechas del Plioceno que frecuentemente se observa como rellena las cavidades kársticas y fracturas de la unidad carbonatada donde se alberga la mineralización. En estos indicios, localizados en el contacto Mesozoico-Terciario, se alinean en la zona que pudiese corresponder con una fractura regional que pudiera asociarse con la falla de Ventaniella y sería el Buntsandstein, localizado al otro lado de la fractura, el que fuera la fuente de este hierro.

En este estudio se ha contrastado la existencia de esta fractura que está muy próxima a estos indicios y localizada al NE de los mismos, bajo los depósitos clásticos del Mioceno medio-superior (Área de Yuba).

5.2. HIDROGEOLOGÍA

Desde el punto de vista hidrogeológico, la Hoja de Arcos de Jalón se puede dividir en dos dominios: la zona sur-suroeste, donde las unidades aflorantes son Triásico-Jurásico y el resto de la Hoja cubierta por sedimentos terciarios.

La documentación hidrogeológica disponible es muy parca, posiblemente a causa del escaso interés que como acuíferos ofrecen las formaciones superficiales. La investigación realizada hasta ahora se limita a los macizos jurásicos situados al Sur y que constituyen el subsistema Sierra de Solorio, dentro del sistema 57 de los definidos en el PIAS (IGME 1970).

La climatología, factor primario del ciclo hidrológico, presenta una características propias de un clima continental de inviernos fríos y veranos calurosos, con una precipitación media anual de unos 600-500 mm desigualmente repartida, tanto topográfica como estacionalmente.

La zona comprendida en la Hoja pertenece a las Cuencas Hidrográficas del Duero y Ebro formando el límite entre ambas una línea que, con dirección aproximada NE-SO, une los altos de Navafría, El Navajo y Valdecamos, dejando únicamente la esquina más noroccidental como perteneciente a la Cuenca del Duero.

Hidrográficamente sólo tiene algún interés señalar que el río Jalón recorre la Hoja desde el Sur al Este. Un poco antes de llegar a Somaén recibe por su margen derecho al río Blanco. Los demás cauces son arroyos y barrancos de escasa importancia y régimen estacional.

Los datos consultados indican que el río Jalón a su paso por Jubera tiene un caudal de base de 0,55 m³/sg y un caudal anual estimado en 20 Hm³, recibe del río Blanco un caudal de 8 Hm³ drenados del Jurásico en los afloramientos situados en la Hoja de Maranchón (462).

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

- Muy permeables: calizas y dolomías del Jurásico y Cretácico parcialmente aflorantes y gravas del Cuaternario de muy escaso desarrollo en la Hoja.
- Permeabilidad media: calizas del Mioceno superior y dolomías del Muschelkalk.
- Poco permeables: arcillas y conglomerados del Mioceno inferior, conglomeraos Oligocenos y areniscas del Buntsandstein.
- Impermeables: Arcillas del Keuper, margas y yesos del terciario.

Además de este factor de permeabilidad influyen en el comportamiento como acuífero de una unidad, otros factores como la fracturación el espesor o las relaciones entre unidades.

Teniendo en cuenta estos parámetros, en la medida en que son conocidos, se pueden hacer la siguientes consideraciones sobre la naturaleza hidrogeológica de las unidades:

- Conjunto Triásico: dentro de los materiales triásicos se encuentran materiales impermeables (Keuper), poco permeables (Buntsandstein) y permeables (Muschelkalk).

Estos últimos pueden constituir acuífero, y aunque su importancia es pequeña, dada su baja potencia, localmente pudiera explotarse teniendo presente su conexión hidráulica con otros acuíferos y el nivel estático regional.

- Conjunto calco-dolomítico Jurásico. Constituido por la Formación Alternancia de calizas y dolomías de Cuevas Labradas y por la Formación Carniolas de Cortes de Tajuña constituye el acuífero fundamental de la zona por litología, fracturación, potencia y situación respecto al nivel regional. En este sentido se ha detectado que el río Blanco actúa como línea de descarga del mismo, sobre todo en la Hoja limítrofe de Maranchón (462).

Su aprovechamiento hidrogeológico, dentro de la Hoja, puede realizarse con buenas perspectivas de éxito (caudales próximos a 100 l/s) en una banda de dirección SE-NO que limita sus afloramientos entre Peña de los Buitres, Jubera y Norte de Blocona.

Su ubicación por debajo de los afloramientos terciarios no se conoce con el estado actual de las investigaciones, pero sería interesante intensificar en ese sentido los estudios.

- Unidades carbonatadas cretácicas: constituyen por litología el segundo gran acuífero regional. Sus escasos afloramientos y el desconocimiento de su ubicación bajo el Terciario nos dificulta su caracterización como unidad de interés en la zona. Sería necesario conocer con más detalle las potencias de las distintas formaciones, su evolución bajo el Terciario y sus conexiones con el acuífero Jurásico para poder definir su interés desde el punto de vista de su aprovechamiento.

- Unidades carbonatadas del Mioceno. Aunque presentan una permeabilidad buena, su situación morfológica en «Paramos», ocasiona que originen acuíferos colgados, que se drenan, por el perímetro de afloramiento en el contacto con las unidades margonas infrayacentes, dando lugar a pequeños manantiales ligados a la pluviometría.

— Unidades detríticas terciarias. Su permeabilidad, que en principio es baja, está fuertemente condicionada por cambios laterales de facies y distintos grados de cementación. Constituye un factor de mejora con la distalidad respecto al borde de cuenca ya que se consigue una mayor homometría y limpieza del depósito y una mayor potencia de relleno. Sin embargo, la proximidad al borde garantiza mejor conexión hidráulica con los acuíferos Jurásico-Cretácicos sobre los que se apoya.

Por tanto, su aprovechamiento como acuífero ha de realizarse conjugando ambos factores, los cambios de facies y su desarrollo bajo otras unidades terciarias.

Respecto a los cuaternarios, solamente comentar que el aluvial del río Jalón a partir de Arcos de Jalón puede funcionar como un papel regulador de los caudales del río y se explota en pequeña medida.

En cuanto a la calidad de las aguas, aunque no se tienen datos concretos, será en general buena, de dureza media-alta, carbonatada o bicarbonatada cálcico-magnésica de baja mineralización y ocasionalmente sulfurada. Serán aptas para el consumo salvo que existan focos puntuales de contaminación. Los principales acuíferos (Jurásico-Cretácico) son muy sensibles a la contaminación, por lo que es necesario controlar que ésta no se produzca.

El ITGE y empresas colaboradoras realizan permanentemente proyectos de actualización de los datos de explotación, recursos, calidad etc., con un seguimiento mediante redes de control piezométrico y de calidad cuyos resultados están a disposición del lector.

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, 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.
- ÁLVARO, M. (1.975): «Estilolitos tectónicos y fases de plegamiento en el área de Sigüenza (Borde del Sistema Central y de la Cordillera Ibérica)». *Estudios Geológicos*, 31(3-4), págs. 241-247.
- ARENAS ABAD, C. *et al.* (1.987): «Memoria explicativa del sector de Alhama de Aragón (Provincia de Zaragoza)». *Excm. Diputación 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.
- 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.
- DE VICENTE, G. (1.988): «Análisis poblacional de fallas. El sector de enlace Sistema Central-Cordillera Ibérica». *Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid*, 317 págs.
- 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. (1.982a): «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. (1.982b): «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 Cuenas». *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.
- GÓMEZ, J. J. y GOY, A. (1.979): «Las unidades litoestratigráficas del Jurásico medio y superior, en facies carbonatadas del Sector Levantino de la Cordillera Ibérica.» *Est. Geol.*, 35, págs. 569-598.
- 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, J.; GUTIÉRREZ, M. y LERANÓZ, B. (1.987): «Las superficies de erosión neógenas en el sector central de la Cordillera Ibérica». *Rev. Soc. Geol. Esp.*, (en prensa).
- 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.
- GUTIÉRREZ, M.; PEÑA, J. L. y SIMÓN, J. L. (1.982): «El Karst en el sector centrorientaI de la Cordillera Ibérica». *Actas Reunión Monográfica sobre el Karst-Larra*, págs. 81-92.
- HERNÁNDEZ PACHECO (1.954): «Estudio hidrogeológico de las termas de Alhama de Aragón (Zaragoza)». *Annales Real Academia de Farmacia*, XX (4).
- IGME (1.979): «Mapa metalogenético 1:200.000, núm. 39 (Sigüenza)».
- 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 (1.970): «Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (Pias)».
- LERANÓZ, B. (1.987): «Geomorfología de la cuenca de Almazán en su sector suroriental (prov. Zaragoza)». *Trabajo de Investigación. Facultad de Ciencias Universidad de Zaragoza*, 118 págs. (inédito).

- 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. 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.
- MOLINA, E. y ARMENTEROS, I. (1.986): «Los arrasamientos Plioceno y Pliopleistoceno en el sector suroriental de la cuenca del Duero». *Studia Geologica Salmanticensis*, XXII, págs. 293-307.
- PEÑA, J. L.; GUTIÉRREZ, M.; IBÁÑEZ, M. A.; LOZANO, M. V.; RODRÍGUEZ, J.; SÁNCHEZ, M.; SIMÓN, J. L.; SORIANO, A. y YETANO, M. (1.984): «Geomorfología de la provincia de Teruel». *Instituto de Estudios Turoleses CSIC. Diputación provincial de Teruel*, 149 págs.
- 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.
- SÁENZ, C. (1.931): «Pantanos de la Tranquera y Carenas, en los ríos Mesa y Piedra. Estudio de las condiciones geológicas de emplazamiento y vaso». *Publ. Conf. Hidrogr. Ebro*, núm. 63, págs. 31-110.
- 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.
- 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.
- 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 Triás en España». *Cuad. Geol. Ibérica*, 4, págs. 57-88.

YÉBENES, A.; COMAS-RENGIFO, M. J.; GÓMEZ, J. J. y Goy, A. (1.988): «Unidades tectosedimentarias en el Lías de la Cordillera Ibérica». En prensa. *III Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Jurásico en España*, Logroño.