



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

285

28-12

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie - Primera edición



ALMUDEVAR



SECRETARÍA GENERAL DE LA ENERGÍA Y RECURSOS MINERALES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA

20285

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA

ALMUDEVAR

© INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito Legal: M.-21.950-1995

ISBN: 84-7840-220-9

NIPO: 241-95-005-0

Fotocomposición: Cartografía Madrid, S. A.

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Almodóvar (285) han sido realizados, durante 1990 y 1991 por la Compañía General de Sondeos S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

Mapa Geológico:

A. del Olmo, A. Hernández y A. Salazar (CGS)

Mapa Geomorfológico:

A. Salazar (CGS)

Memoria:

Estratigrafía

A. del Olmo y A. Hernández (CGS)

Geomorfología

A. Salazar (CGS)

Tectónica

J. J. Navarro (CGS)

Neotectónica

J. L. Simón (Univ. Zaragoza) y J.J. Navarro (CGS)

Hidrogeología

R. Rodríguez Santisteban y F. J. Almoguera (CGS)

Geología Económica

A. García Villar (CGS)

Puntos de Interés Geológico

C. Soriano (CGS)

Han colaborado en aspectos parciales:

Estratigrafía

A. Hernández (CGS)

Sedimentología

A. del Olmo (CGS)

Micropaleontología

J. Ramírez del Pozo (CGS)

Micromamíferos

G. Cuenca (Univ. Zaragoza)

Normalización del Mapa Geomorfológico

J. Fernández-Gianotti y A. Martín-Serrano (ITGE)

Dirección del Estudio

A. Barnolas y A. Robador

Se pone en conocimiento del lector que en el Centro de Documentación del ITGE existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria constituida por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informes petrográficos, micropaleontológicos y sedimentológicos de dichas muestras.
- Columnas estratigráficas de detalle.
- Fichas bibliográficas, álbum de fotografías y demás información varia.

INDICE

	<i>Páginas</i>
0. INTRODUCCION.....	9
1. ESTRATIGRAFIA	11
1.1. Terciario	15
1.1.1. Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca (Embalse de la Sotomera).....	15
1.1.1.1. Arcillas ocreas con canales de areniscas (1). Ageniense	17
1.1.1.2. Arcillas y margas con capas de calizas y areniscas de aspecto tabular (2). Ageniense.....	17
1.1.1.3. Calizas y margas (3). Ageniense.....	18
1.1.2. Unidad Galocha-Ontiñena (Almudévar).....	19
1.1.2.1. Arcillas con canales de areniscas (4). Canales de areniscas (5). Ageniense.....	21
1.1.2.2. Arcillas con niveles de caliza y cuerpos arenosos de aspecto tabular (6). Ageniense	21
1.1.2.3. Calizas tabulares de color gris oscuro y margas (7). Ageniense	22
1.1.3. Unidad Bujaraloz-Sariñena (Gurrea de Gallego).....	22
1.1.3.1. Areniscas y arcillas (8). Canales de arenisca (9). Ageniense-Aragoniense	23
1.1.3.2. Alternancia de arcillas con yesos nodulares y acintados y areniscas en cuerpos canaliformes (10). Ageniense-Aragoniense.....	25
1.1.3.3. Alternancia de yesos tabulares y arcillas grises (11). Aragoniense.....	26
1.1.4. Unidad Remolinos-Lanaja.....	26
1.1.4.1. Areniscas de aspecto tabular, arcillas y calizas oscuras (12). Aragoniense	27
1.1.4.2. Margas y tablas de caliza (13). Aragoniense.....	27

	<i>Páginas</i>
1.1.4.3. Calizas gris oscuro, margas y arcillas (14). Aragoniense ...	29
1.2. Cuaternario.....	29
1.2.1. Pleistoceno.....	29
1.2.1.1. Conglomerados de bloques, cantos y gravas de rocas ígneas y metamórficas. Terrazas (15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 y 26). Pleistoceno.....	29
1.2.1.2. Conglomerados de cantos y gravas calcáreos, arenas y limos. Abanicos aluviales y depósitos fluviales del piedemonte pirenaico (27, 28). Pleistoceno.....	31
1.2.1.3. Gravas de calizas terciarias, arenas, limos y arcillas. Glacis (29,30). Pleistoceno.....	31
1.2.1.4. Limos, arenas, arcillas y calizas a techo. Depósitos de llanura de inundación y costras calcáreas (18). Pleistoceno..	31
1.2.2. Holoceno.....	32
1.2.2.1. Bloques, cantos, gravas de rocas ígneas y metamórficas y arenas. Barras y depósitos de canal del río Gallego (31). Limos, arenas y arcilla. Llanura de inundación del río Gallego (32). Holoceno (actual).....	32
1.2.2.2. Arcillas y limos. Zonas endorreicas (34). Holoceno.....	32
1.2.2.3. Arenas, limos, arcillas y gravas. Fondos de valle (33). Limos, arcillas, arenas y gravas. Rellenos de "vales" y depósitos aluvial-coluvial, coluviones, cuaternario indiferenciado y conos de deyección (35, 36, 37 y 38). Holoceno.....	32
2. TECTONICA.....	33
2.1. Marco tectónico regional.....	33
2.2. Descripción de la estructura.....	33
2.3. Evolución tectónica.....	34
2.4. Neotectónica.....	35
3. GEOMORFOLOGIA.....	37
3.1. Descripción fisiográfica.....	37
3.2. Análisis geomorfológico.....	37
3.2.1. Estudio morfoestructural.....	37
3.2.2. Estudio del modelado.....	38
3.2.2.1. Laderas.....	38
3.2.2.2. Formas fluviales.....	38
3.2.2.3. Formas kársticas.....	39
3.2.2.4. Formas endorreicas.....	39
3.2.2.5. Formas poligénicas.....	39
3.2.2.6. Formas porfénicas.....	40
3.2.3. Formaciones superficiales.....	41
3.4. Evolución dinámica.....	42
3.5. Morfodinámica actual-subactual y tendencias futuras.....	43

	<i>Páginas</i>
4. HISTORIA GEOLOGICA.....	44
5. GEOLOGIA ECONOMICA.....	45
5.1. Recursos minerales.....	45
5.1.1. Rocas industriales.....	47
5.1.1.1. Aspectos generales.....	47
5.1.1.2. Descripción de los materiales.....	47
5.2. Hidrogeología.....	47
5.2.1. Climatología.....	49
5.2.2. Hidrología.....	51
5.2.3. Características hidrogeológicas.....	52
5.2.3.1. Aluvial del río Gállego.....	52
5.2.3.2. Otros materiales cuaternarios.....	53
5.2.3.3. Terciario detrítico.....	54
5.2.3.4. Formaciones yesíferas terciarias.....	54
5.3. Características geotécnicas generales.....	54
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.)	59
7. BIBLIOGRAFIA.....	61

0. INTRODUCCION

La Hoja de Almudévar está situada geográfica y geológicamente en la Depresión del Ebro, concretamente en el valle del río Gállego, afluente del Ebro. El territorio de la hoja forma parte de las provincias de Huesca y Zaragoza y por lo tanto del Sector Central o Aragonés de la citada Depresión del Ebro.

El relieve general es de poca energía con una diferencia de cotas de 300 metros como máximo (del punto más alto: vértice Gallinero -632 m- al más bajo: el río Gállego, -320 m- en Gurrea). Las formas configuran un relieve de suaves cuestas y graderíos disectado por el valle del Gállego que recorre la hoja de norte a sur.

Los principales valles fluviales y "vales" (nombre local con que se conoce a los barrancos de fondo plano) drenan hacia el cauce principal (Gállego).

El clima es mediterráneo con carácter continental; existen marcadas oscilaciones térmicas anuales. Las nieblas son frecuentes en invierno, las precipitaciones escasas y con carácter estacional.

El uso tradicional del suelo está condicionado por la litología y el relieve. Los cultivos de secano y regadío sobre los depósitos cuaternarios y pastoreo de ganado ovino en los afloramientos de materiales terciarios son los usos preferentes.

La densidad de población es baja, siendo Almudévar y Gurrea de Gállego las únicas poblaciones que superan los dos mil habitantes.

Los materiales geológicos presentes en la hoja pertenecen al Terciario (Oligoceno superior-Mioceno inferior) y Cuaternario. Los materiales del Terciario muestran una gran variedad en su composición, representan depósitos continentales de sistemas aluviales según el modelo clásico de relleno de cuenca con facies detríticas en las zonas de borde y de precipitación química en el centro. Durante el Cuaternario se realiza la exhumación y erosión de estos materiales Terciarios.

La tectónica ha afectado de forma muy tenue estos materiales por lo que la disposición general del sedimento terciario es subhorizontal con un suave buzamiento (1° a 2°) hacia el sur y suroeste.

Los materiales de edad cuaternaria presentes en la hoja muestran un buen desarrollo. Se trata, a grandes rasgos, de depósitos de terraza y llanura de inundación del río Gállego, depósitos correspondientes al Piedemonte Pirenaico, glacis y rellenos de "vales". Estos recubrimientos detríticos cuaternarios permiten reconstruir a grandes rasgos los distintos episodios sedimentarios de esta etapa reciente.

El área cartografiada se localiza en la parte centro-septentrional de la Cuenca del Ebro, y concretamente en su sector aragonés. Esta cuenca se configura como una cuenca de antepaís, relacionada con la evolución del orógeno pirenaico (Puigdefàbregas *et al.*, 1986), actuando, en este sector, como área de depósito de materiales continentales procedentes del desmantelamiento de las cordilleras circundantes: el Pirineo, situado al norte y la Cordillera Ibérica, situada hacia el sur y suroeste. En la hoja todos los materiales proceden de la Cordillera Pirenaica.

Entre los trabajos previos relativos a la cartografía geológica de la Cuenca endorreica del Ebro cabe citar a los de Riba (1955 y 1961) para el sector occidental de la Cuenca (Corredor de la Bureba y subcuencas de Miranda y de Treviño), el de Quirantes (1969, publicado en 1978) para el sector central de la Cuenca, los de la J.E.N. (1977) para la mitad septentrional de los sectores central y oriental de la Cuenca, los del IGME (1975, 1985) en las cuencas ligníferas de Calaf y Mequinzenza, el de la J.E.N. (1979-81) para el sector sur-oriental y el de Riba (1967) para el sector nor-oriental. Trabajos posteriores IGME (1981) y ENRESA (1989) representaron, desde la perspectiva que nos ocupa, reelaboraciones de las cartografías geológicas anteriormente citadas, con aplicación de nuevos criterios cartográficos pero sin un trabajo de campo considerable, o bien, en otros casos aportaciones cartográficas importantes de áreas (lacustres) más localizadas (IGME, 1975, 1976, 1985, 1986, 1987; ENADIMSA, 1984). Por el contrario las hojas MAGNA elaboradas con posterioridad a las Hojas piloto, especialmente las de Cataluña (Pons, Cardona, Puigreig, Calaf) constituyen valiosas aportaciones al conocimiento estratigráfico y sedimentológico de sus materiales.

Entre los estudios paleontológicos de vertebrados de la Cuenca del Ebro, aparte de los trabajos clásicos exhaustivamente recogidos en Cuenca *et al.* (1992), cabe citar como trabajos más recientes que suponen un gran avance en la datación de las series y el establecimiento de la bioestratigrafía, los siguientes: Anadón *et al.* (1987), Azanza *et al.* (1988), Agustí *et al.* (1988), Álvarez-Sierra *et al.* (1990), Cuenca *et al.* (1989) y Cuenca (1991 a y b).

Para el estudio de la hoja de Almudévar además de la cartografía geológica se han levantado diversos perfiles estratigráficos y cortes geológicos para una mejor comprensión de la evolución vertical y lateral de las unidades cartografiadas. También se han tomado muestras para su estudio en lámina delgada con el fin de apoyar las interpretaciones sedimentológicas. Por último, se ha llevado a cabo un estudio micropaleontológico de algunos horizontes del Terciario susceptibles de poseer fauna útil para su datación.

1. ESTRATIGRAFIA

En la hoja de Almodévar se hallan representados parte de los materiales oligocenos y miocenos que colmatan la parte central de la Cuenca del Ebro.

Dentro de los materiales terciarios pueden distinguirse tres dominios litológicos que están constituidos por: (1) arcillas y areniscas, que afloran en el norte de la hoja, depositadas en un ambiente de abanico aluvial distal; (2) alternancia de tramos calcáreos y tramos arcillosos, en gran parte del sector central, y (3) una alternancia de margas con niveles de yeso nodular y de yeso estratiforme, en el sector meridional de la hoja, depositada en ambientes de margen de lago salino y de lago salino.

Los sistemas deposicionales aluviales que han proporcionado los materiales terrigenos depositados en la hoja son: el sistema de Huesca (Hirst, 1983), hacia el sector nor-oriental de la hoja y, el sistema de Luna (Nichols, 1984) que se encuentra hacia la parte nor-occidental del área ocupada por la hoja.

En los sectores este y sureste de la hoja, en el área lindante con las hojas de Huesca, Grañén y Zuera, se observa una interdigitación de los ambientes deposicionales de abanico aluvial distal con depósitos mayoritariamente detríticos y lacustre-palustres, predominantemente carbonáticos y/o yesíferos, que permite observar una recurrencia vertical rítmica de las asociaciones de facies. Esta ritmicidad ha permitido la individualización de cuatro unidades, denominadas como unidades genético-sedimentarias. Cada una de éstas, presenta en su parte basal un dominio de materiales siliciclásticos, correspondientes a medios deposicionales de abanicos aluviales distales, mientras que en su parte superior en las áreas más proximales (septentrionales), presentan un predominio de materiales margoso-carbonatados, de origen lacustre-palustre y, en las áreas más distales, un predominio de facies yesíferas, de margen de lago salino y de lago salino.

El límite entre unidades genético-sedimentarias es un cambio rápido de facies, mientras que el tránsito de unos sedimentos a los superiores, dentro del propio ciclo, se produce de forma gradual.

Trabajando bajo este punto de vista, se han diferenciado, en la parte central de la Cuenca del Ebro, un total de veinte unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendida entre el Priaboniense y el Aragoniense-Vallesiense. De todas éstas sólo cuatro se hallan presentes en la hoja, con una edad comprendida entre el Oligoceno superior (Ageniense) y el Mioceno medio (Aragoniense). Estas unidades reciben, de base a techo, los nombres de: unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca (Embalse de la Sotonera), unidad Galocha-Ontiñena (Almodévar), unidad Bujaraloz-Sariñena (Gurrea de Gállego) y unidad Remolinos-Lanaja. Las dos unidades que poseen una mayor extensión de afloramiento son la Unidad Galocha-Ontiñena y la Unidad Bujaraloz-Sariñena por lo tanto, son éstas en las que se puede observar mejor la evolución de sus facies.

Las relaciones estratigráficas de estas unidades genético-sedimentarias con las unidades litoestratigráficas definidas por Quirantes (1969), se pueden observar en la Figura 1.

En la Figura 2 se puede observar la evolución de facies de estas unidades genético-sedimenta-

EDAD			UNIDADES GENETICO-SEDIMENTARIAS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS Quirantes, 1969	DESCRIPCION DE LAS LITOLOGIAS HOJA DE ALMUDEVAR	YACIMIENTOS PALEONTOLOGICOS	
SERIE	PISO	U. MEIN					
MIOCENO	ARAGONIENSE	Mn-4a	U. REMOLINOS-LANAJA	Fm. SARINENA	Fm. ZARAGOZA	<ul style="list-style-type: none"> • Peñalba • La Galocha • Ontiñena 	
		Mn-3b	U. BUJARALOS-SARINENA				14.- Calizas gris oscuro, margas y arcillas 13.- Margas y tablas de caliza 12.- Areniscas de aspecto casi tabular, arcillas y algunas calizas
		Mn-3a					11.- Alternancia de yesos tabulares y arcillas grises 10.- Alternancia de arcillas con yesos nodulares y acintados y areniscas en cuerpos canaliformes. 9.- Canales de areniscas 8.- Areniscas y arcillas
	AQUITANIENSE	Mn-2b	U. GALOCHA-ONTIÑENA		7.- Calizas tabulares de color gris oscuro y margas 6.- Arcillas con niveles de caliza y cuerpos arenosos de aspecto tabular 5.- Canales de areniscas 4.- Arcillas con canales de areniscas		
		Mn-2a	U. TORRENTE DE CINCA-ALCOLEA DE CINCA		3.- Calizas y margas 2.- Arcillas y margas con capas de calizas y areniscas de aspecto tabular 1.- Arcillas ocreas con canales de areniscas		
		Mn-1a					
OLIG.	CHATT.						

Fig. 1. Cuadro sintético de los materiales oligo-miocenos de la hoja de Almuédvar

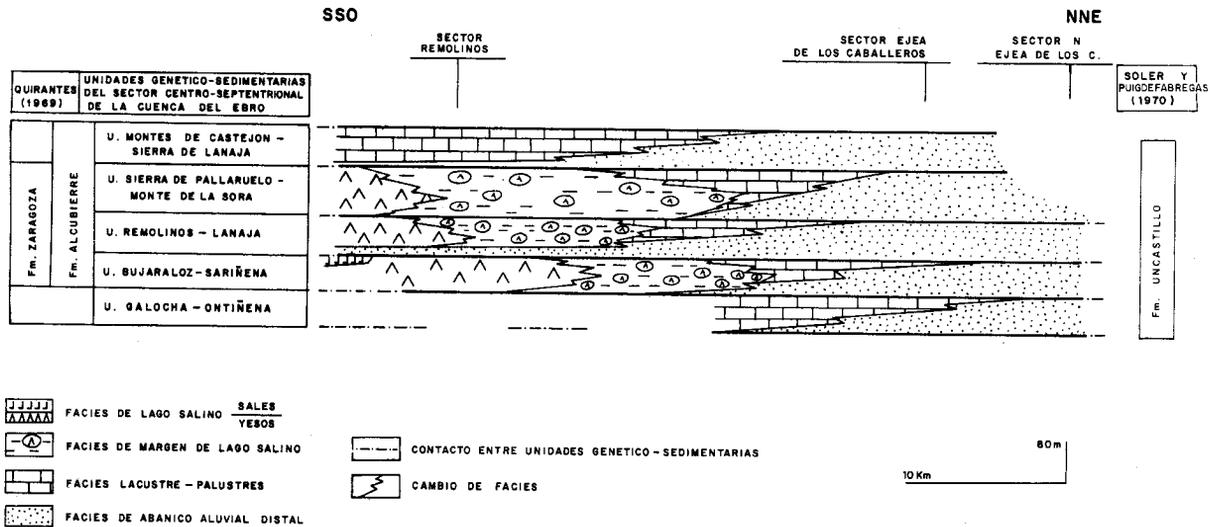


Fig. 2. Modelo secuencial de las unidades genético-sedimentarias miocenas en el sector noroccidental de la parte aragonesa de la cuenca del Ebro

EDAD		BIOZONAS MEIN	UTS. PEREZ et al.(1988)	UNIDADES GENETICO-SEDIMENTARIAS	YACIMIENTOS MICROMAMIFEROS ESTUDIADOS EN EL MAGNA EBRO	OTROS YACIMIENTOS DE MAMIFEROS CUENCA DEL EBRO	
MIOCENO	VALLESIENSE	MN-10 MN-9	N3	U. SAN CAPRASIO		<ul style="list-style-type: none"> - Monegrillo (1) Tudela 1, 2 (4) - Paridera del Cura (2) <ul style="list-style-type: none"> • Mas de Santiagué (2) - • Galocha 1, 3 • San Juan - Autol, Santa Cilia (3) 	
	ARAGONESE	SUP.	MN8 MN-7 MN-6	N2			U. SIERRA DE LANAJA-MONTES DE CASTEJÓN
		MED.	MN-5 MN-4b	N1			U. SIERRA DE PALLARUELO-MONTE DE LA SORA
			MN-4a				U. REMOLINOS-LANAJA
	INF.	MN-3b MN-3a		U. BUJARALÓZ-SARIÑENA			
	AGENIENSE		Mn-2b				
			MN-2a	T4			U. GALOCHA-ONTIÑENA
			MN-1				U. TORRENTE DE CINCA - ALCOLEA DE CINCA

FIG. 3.- ENSAYO DE CORRELACION DE LAS UNIDADES GENETICO-SEDIMENTARIAS DIFERENCIADAS EN LA HOJA Y LAS UNIDADES TECTOSEDIMENTARIAS DE PEREZ et al (1988).

- (1) Azanza, com. pers.
(2) Cuenca et al. (1989)
(3) Alvarez-Sierra et al. (1990)
(4) Pérez et al. (1989)

rias en el sector de Los Monegros, mientras que en la figura 3, se presenta un ensayo de correlación de las mismas con las unidades tecto-sedimentarias definidas por Pérez *et al.* (1988) y por Arenas y Pardo (1991).

Los materiales cuaternarios ocupan una extensa superficie de la hoja aunque su espesor es siempre pequeño. Tienen una edad probable comprendida entre el Pleistoceno inferior y el Holoceno.

1.1. Terciario

1.1.1. Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca (Embalse de la Sotonera)

Esta unidad aflora en el sector norte y noreste de la hoja. Está constituida por arcillas ocreas con paleocanales de arenisca en la base; hacia su mitad está formada por arcillas con capas de arenisca de aspecto planoparalelo y, finalmente, por calizas y margas en el techo.

No se ha podido medir la potencia total de esta unidad en la hoja porque no aflora su base, únicamente se reconocen 60 m de su parte superior. En la columna de la Sierra de la Galocha, realizada en la hoja de Huesca, se han medido 130 m correspondientes casi a la totalidad de esta unidad.

En el sector norte del río Gállego esta unidad está constituida por sedimentos detríticos correspondientes a facies de abanico aluvial distal, mientras que en el sector noreste está constituida por sedimentos detríticos de origen aluvial que hacia techo evolucionan a sedimentos margo-carbonatados de origen lacustre-palustre.

En la vecina hoja de Fustiñana aflora únicamente el techo de esta unidad, constituido por margas y calizas con niveles de yeso. En la hoja de Sariñena, al igual que en el resto de las hojas del sector centro-meridional de Los Monegros (hojas de Peñalba, Fraga, Mequinzenza, Bujaraloz y Gelsa) se halla representada por sedimentos detríticos en su base que culminan con unos niveles margo-carbonatados de origen lacustre-palustre (figura 4).

La posición cronoestratigráfica de esta unidad ha podido precisarse con el yacimiento de micromamíferos de La Galocha (Alvarez-Sierra, *et al.* 1990) de edad Ageniense terminal (2b en la escala de Mein, 1975), situado en la parte superior de la unidad suprayacente; y el yacimiento de Ontiñena, de edad Ageniense basal (1 en la escala de Mein, 1975), localizado en esta unidad en la hoja de Sariñena.

Los materiales correspondientes a esta unidad forman parte de la Formación Sariñena de Quirantes (1969).

Se han distinguido tres asociaciones de facies correspondientes a esta unidad, las cuales se han cartografiado como tres unidades cartográficas distintas, (1), (2) y (3).

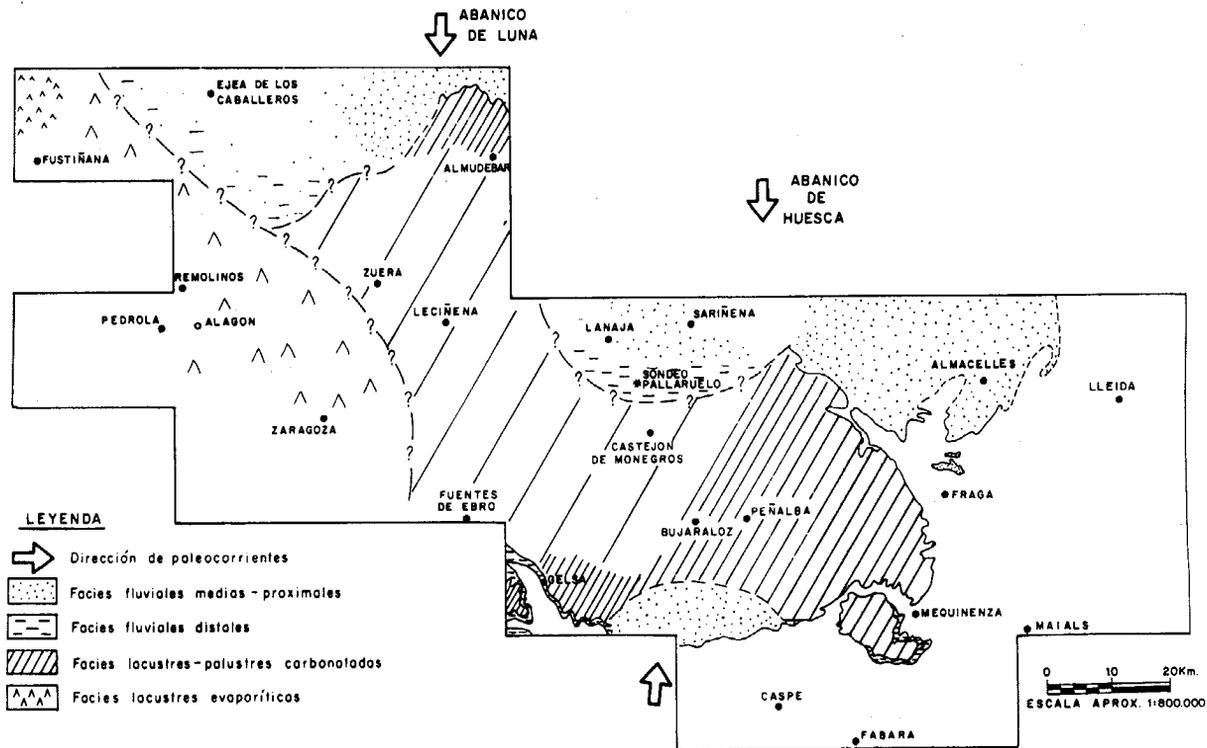


Fig. 4. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Torre de Cinca-Alcolea de Cinca

1.1.1.1. *Arcillas ocreas con canales de areniscas (1). Ageniense*

Esta unidad está compuesta por arcillas versicolores, aunque dominan las de color ocre, niveles canaliformes y planoparalelos de areniscas, y escasos niveles de calizas arenosas. Ocupa la zona norte y noreste de la hoja, aunque por el valle del río Gállego se extiende hacia el sur hasta el paralelo de Marracos.

Los sedimentos correspondientes a esta unidad cartográfica se han medido en las columnas de Sierra de la Galocha (01) (55 m) y de Marracos-Atalaya (02) (30 m superiores).

Los cuerpos de areniscas canalizados tienen un espesor máximo de hasta 3-4 m y una extensión lateral superior a los 5 m. Tienen estructuras tractivas de dos tipos: (1) cuerpos canaliformes con estratificación cruzada en surco y planar que a techo suelen presentar *ripples* de corriente; pueden contener algunos cantos blandos. (2) Cuerpos canaliformes con acreciones laterales; las superficies de acreción individualizan *cosets* con laminaciones en surco, planares y *ripples* de corriente a techo. Estos cuerpos se interpretan como el relleno de paleocanales de baja sinuosidad (1) y de paleocanales meandriformes (*point bars*) (2) (fig. 8A).

Las areniscas de aspecto tabular no son muy abundantes y tienen potencia decimétrica. Son masivas, con granoclasificación positiva. Estos sedimentos se interpretan como depósitos de desbordamiento (fig. 8B).

Las escasas capas de caliza que se intercalan entre el sedimento detrítico, son biomicritas con restos de tallos de caráceas y ostrácodos, con cierto contenido de limo de cuarzo.

Las areniscas pueden clasificarse como subarcosas con cemento calcítico, cuarzo, biotita, (en parte transformada a clorita), moscovita y feldespatos potásicos como detríticos y cierta cantidad de arcilla (probablemente caolínica) generada por alteración de micas y feldespatos. En las areniscas de grano muy fino, limo-arcillosas, el cemento es calcítico y tienen cuarzo, biotita (en parte alterada a clorita), moscovita, caliza y algo de feldespatos potásicos como detríticos.

De acuerdo con sus características sedimentológicas esta unidad puede interpretarse como depósitos de abanico aluvial distal con relleno de paleocanales y sedimentos de desbordamiento.

Por criterios de correlación regional se puede atribuir una edad Oligoceno superior (Ageniense inferior) a esta unidad.

1.1.1.2. *Arcillas y margas con capas de calizas y areniscas de aspecto tabular (2). Ageniense*

Esta unidad está compuesta por arcillas versicolores (amarillas, grises y rojas) con capas milimétricas de areniscas y de calizas limosas. Las arcillas están bioturbadas y muestran marmorizaciones y manchas de reducción (*mottling*).

Estos sedimentos afloran en una estrecha franja en el cuadrante noreste de la hoja desapareciendo hacia el este y el oeste por cambio de facies con la unidad cartográfica 1.

Los materiales correspondientes a esta unidad se han medido en la columna de la Sierra de la Galocha (01) donde tiene una potencia de 45 m.

Las capas de arenisca tienen espesores centimétricos y decimétricos y suelen ser de tamaño de grano fino y muy fino. Son bancos de aspecto planoparalelo, generalmente masivos, que hacia techo suelen incluir *ripples* de corriente.

Los niveles de calizas son más abundantes hacia el techo de la unidad. Son calizas limo-arenosas de color gris. En ocasiones pueden contener algunos restos fósiles, como gasterópodos y caráceas.

Las areniscas tienen cuarzo, biotita (en parte alterada a clorita), moscovita, caliza y algo de feldespato potásico como detríticos. El cemento es calcítico. Las calizas pueden clasificarse como biomicritas con restos de gasterópodos, ostrácodos y tallos de caráceas, con cierto contenido de limo cuarzoso como detrítico.

Esta unidad representa depósitos de un ambiente de llanura de inundación donde el relleno de paleocanales es muy ocasional y en la que dominan los depósitos de desbordamiento (figura 8B).

Por criterios de correlación regional, se atribuye una edad Ageniense inferior para esta unidad.

1.1.1.3. Calizas y margas (3). Ageniense

Esta unidad aflora en una estrecha franja en el cuadrante nor-oriental de la hoja. Los sedimentos que la constituyen se han medido en la columna de la Sierra de la Galocha (01) donde tienen una potencia de 22 m.

Esta unidad está compuesta por capas de caliza y margas grises y rojizas. Los niveles de calizas tienen un espesor centimétrico-decimétrico. Son calizas limosas y, en ocasiones, arenosas que contienen algunos restos fósiles y que pueden estar ligeramente bioturbadas (perforaciones por raíces).

Las margas son de coloraciones grises que pueden tener coloraciones rojizas. En ocasiones están ligeramente bioturbadas por lo que pueden presentar moteados de reducción (*mottling*).

Las calizas pueden clasificarse como biomicritas con restos de gasterópodos, ostrácodos y tallos de caráceas, tienen un cierto contenido detrítico consistente en granos de cuarzo de tamaño limo.

Por la asociación de facies que muestran estos materiales pueden interpretarse como depositados en un ambiente lacustre-palustre (Fig 8C y D).

Por criterios de correlación regional, puede considerarse una edad Ageniense para esta unidad.

1.1.2. Unidad Galocha-Ontiñena (Almudévar)

Esta unidad aflora ampliamente en toda la zona central y oriental de la hoja y constituye la llamada Sierra de la Galocha, situada al noreste de Almudévar. Los mejores cortes para observar la serie están en la carretera Huesca-Zaragoza, entre los puntos kilométricos 62 y 58 (en la hoja contigua de Huesca) y al sur de Marracos en el monte Atalaya.

Esta unidad está formada por depósitos fluviales meandriiformes de procedencia noroeste en el sector occidental de la hoja (Luna *System* de Nichols, 1984) y ENE en el sector oriental del territorio (Huesca *System* de Hirst, 1983). En el área central de la hoja está constituida por sedimentos carbonatados de origen lacustre-palustre.

El espesor total de esta unidad no se ha podido medir en ninguna de las columnas estudiadas (Sierra de la Galocha 01, 40 m basales, y Marracos-Atalaya 02, 45 m basales) aunque supera los 100 m.

El límite de esta unidad con la inferior se sitúa en el contacto de los sedimentos detríticos de la base de dicha unidad con los sedimentos carbonatados de origen lacustre-palustre que constituyen el techo de la unidad infrayacente. Esta disposición marca una reactivación de los sistemas aluviales que dieron lugar al depósito de esta unidad.

En el sector septentrional de la hoja afloran los sedimentos detríticos más groseros que constituyen esta unidad (en el extremo noroeste está constituida íntegramente por sedimentos detríticos). Hacia el sur evoluciona a sedimentos de carácter palustre y lacustre-palustre.

En la parte central de la Cuenca del Ebro (fig. 5), la unidad Galocha-Ontiñena se ha caracterizado en la hoja de Sariñena en donde está compuesta por facies aluviales procedentes del Pirineo que forman parte del sistema de Huesca (Hirst y Nichols, 1986). En el sector meridional de la misma hoja, las facies aluviales están solapadas por facies carbonatadas de origen lacustre-palustre, que constituyen el techo de la unidad. Hacia el área comprendida en las hojas de Peñalba, Fraga, Mequinenza y la parte oriental de la hoja de Bujaraloz, está formada por facies aluviales distales (lutíticas), en las que se intercalan diferentes niveles carbonatados en la parte superior. En el sector meridional de la cuenca, ha sido reconocida en las hojas de Caspe, Bujaraloz (parte sur) y Gelsa, en donde está formada en la base por sedimentos aluviales, procedentes de la Cordillera Ibérica y en el techo, por carbonatos de origen lacustre-palustre. Estos materiales en el área comprendida por la zona central de la hoja de Bujaraloz, la parte septentrional de la hoja de Gelsa y el sector meridional de la hoja de Castejón de Monegros pasan progresivamente a facies evaporíticas.

Los yacimientos de micromamíferos de la Sierra de la Galocha, que se encuentran localizados en esta unidad dentro de la hoja de Huesca, son de edad Ageniense (2b en la escala de MEIN), habiéndose citado *Peridyromys turbatus* (Alvarez-Sierra *et al.*, 1990).

Las facies detríticas de esta unidad forman parte de las formaciones Sariñena (Quirantes, 1969) y Uncastillo (Soler y Puigdefàbregas, 1970); estas formaciones han sido estudiadas recientemente desde el punto de vista de su significado sedimentológico por Hirst (1983) y Nichols (1984).

Se han distinguido cuatro asociaciones de facies en esta unidad genético-sedimentaria.

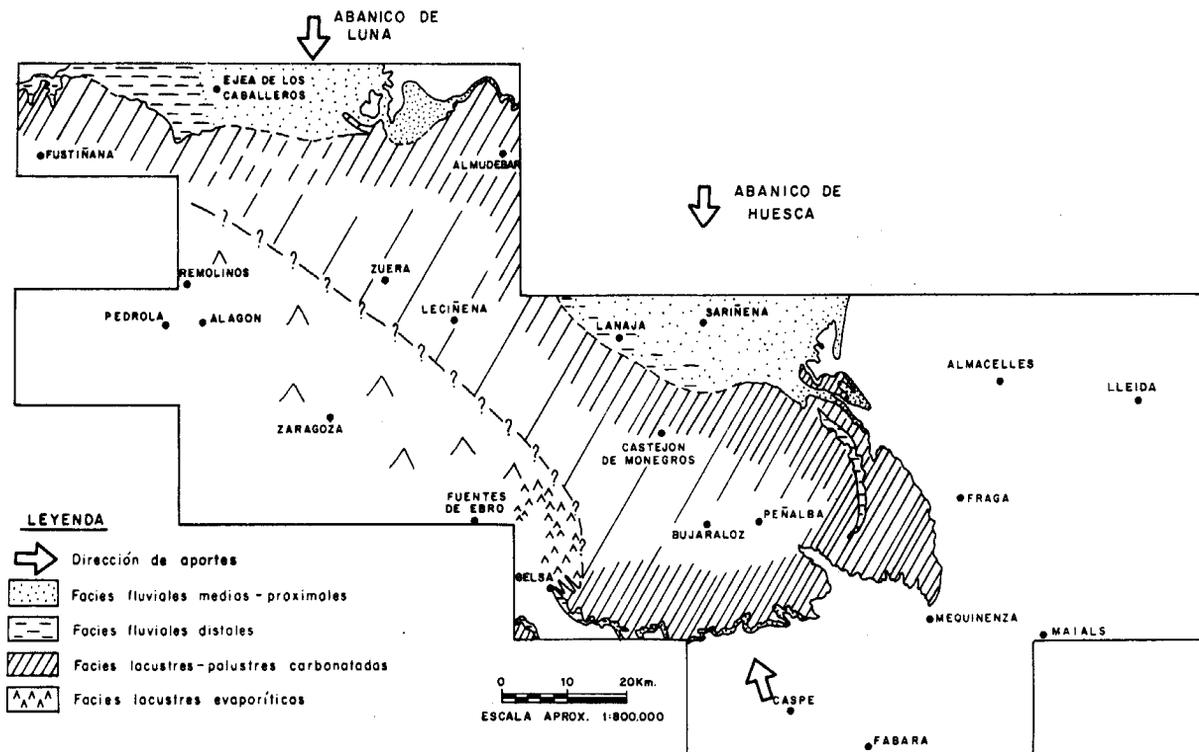


Fig. 5. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Galocha-Ontiñena

1.1.2.1. Arcillas con canales de areniscas (4). Canales de areniscas (5). Ageniense

Los sedimentos que constituyen estas dos unidades cartográficas afloran ampliamente en el sector central y centro-septentrional del territorio. Estos materiales se han estudiado en las columnas de la Sierra de la Galocha (01) (38 m) y de Marracos-Atalaya (02) (35 m).

Esta unidad (4) está compuesta por una alternancia de areniscas y de arcillas de color pardo-rojizo que en ocasiones se hallan marmorizadas. Hacia la parte superior de la serie predominan los materiales pelíticos. Las areniscas, algunas de las cuales se han cartografiado como cuerpos aislados (5), se organizan en bancos con un espesor que oscila entre los 0,5 y los 2 m; tienen base erosiva, estructuras de reactivación interna y acreciones laterales. Se organizan en ciclos granodecrecientes hacia arriba. Hacia el noroeste los canales tienden a amalgamarse, mientras que hacia el sureste disminuye tanto su espesor como su número, aumentando la proporción de depósitos arcillosos y limosos. En los tramos arcillosos existen intercalaciones de capas de areniscas tabulares que ocasionalmente presentan laminación paralela y *ripples*. Las pelitas, a menudo tienen marmorizaciones.

Las areniscas pueden clasificarse como sublitarenitas con cuarzo, fragmentos de caliza, biotita, moscovita y feldespatos como detríticos principales, el cemento es calcítico y hay cierta cantidad de arcilla procedente de la alteración de los feldespatos y micas.

Los bancos de arenisca, representan el relleno de paleocanales de ríos meandriformes, mientras que tanto las areniscas tabulares, como las arcillas, en conjunto pueden interpretarse como depósitos de llanura de inundación (fig. 8A y B).

El yacimiento de la sierra de la Galocha permite atribuir una edad Ageniense para estas dos unidades cartográficas.

1.1.2.2. Arcillas con niveles de caliza y cuerpos arenosos de aspecto tabular (6). Ageniense

Se trata de una alternancia de arcillas, limos, capas tabulares de arenisca y capas centimétricas de caliza. Las arcillas y limos son de colores grises, ocre, rojos y verdes. Suelen estar muy bioturbadas y muestran marmorizaciones, concreciones de carbonato y moteados (*mottling*) como signo de los procesos edáficos que las han afectado.

Las capas tabulares de arenisca tienen una selección granodecreciente hacia arriba y, ocasionalmente, presentan laminación paralela y *ripples* de corriente.

Las capas de caliza son tabulares, de espesor centimétrico y poco extensas lateralmente. Pueden clasificarse como biomicitas de color oscuro, en las que los fósiles más abundantes son restos de caráceas y ostrácodos y en menor cantidad gasterópodos y bivalvos.

Estas facies se encuentran en la parte superior de la unidad genético-sedimentaria, aunque en el sector oriental incluye todos los sedimentos detríticos correspondientes a esta unidad genético-sedimentaria. Hacia el noroeste cambian lateralmente de facies a la unidad 4.

De acuerdo con sus características sedimentológicas, estas facies pueden interpretarse como

depósitos de llanura de inundación (fig. 8B y C) en los que las arcillas y areniscas corresponden a depósitos de desbordamiento y las calizas se depositan en áreas de encharcamiento prolongado.

Puede considerarse una edad Ageniense para estos materiales de acuerdo con los datos de Alvarez-Sierra *et al.* (1990).

1.1.2.3. *Calizas tabulares de color gris oscuro y margas (7). Ageniense*

Esta asociación de facies representa los depósitos culminantes de la unidad Galocha-Ontiñena en la mayor parte de la hoja. Dentro de la unidad cartográfica descrita anteriormente (6) también se intercalan niveles carbonatados, de gran extensión lateral, similares a éstos pero no pueden representarse en la cartografía debido a su escasa potencia.

Esta unidad está compuesta por bancos de caliza tabulares, de extensión kilométrica y potencia centi- a decimétrica, con intercalaciones de margas grises. Las calizas son micríticas, tienen restos fósiles, materia orgánica, bioturbación por raíces (perforaciones cilíndricas verticales) y, ocasionalmente, un cierto contenido en limo. Entre estas capas se intercalan niveles de arcillas rojizas y margas grises con ostrácodos, gasterópodos, caráceas y materia orgánica vegetal carbonizada.

Las calizas se clasifican como biomicritas de color oscuro, con restos de caráceas y ostrácodos y en menor cantidad gasterópodos y bivalvos.

Estos sedimentos se interpretan como depositados en un ambiente lacustre-palustre. Se trata de zonas inundadas de gran extensión, pero con una delgada lámina de agua (fig. 8 D).

En los levigados realizados en estas facies se han reconocido los siguientes fósiles: *Chara microcera* GRAMB. y PAUL, *Sphaerochara cf. inconspicua* AL. BRAUN EX. UNGER, *Candona cf. pro-cera* STRAUB y gasterópodos de los géneros *Planorbis* y *Cerithium* en los tramos inferiores, resultando una edad Ageniense. En los tramos superiores se ha identificado *Stephanochara berdotosis*. FEIST y RINGEADE y *Rantziella nitida* GRAMB. de edad Ageniense superior (Aquitaniense superior).

1.1.3. **Unidad Bujaraloz-Sariñena (Gurrea de Gállego)**

Los sedimentos que constituyen esta unidad afloran en el cuadrante suroriental de la hoja. Los mejores cortes de esta unidad próximos al área de estudio se encuentran en La Paul y Tardienta en la hoja de Zuera.

Esta unidad genético-sedimentaria está constituida en el norte por arcillas y areniscas que hacia el sector centro-meridional de la hoja evolucionan a margas, arcillas y yesos nodulares, y, en el sur, a depósitos evaporíticos.

La potencia de la unidad Bujaraloz-Sariñena en la hoja es de difícil evaluación ya que aflora en un área bastante extensa, hecho que impide la realización de una sola serie estratigráfica que abarque a toda la unidad. No obstante, por consideraciones cartográficas, su potencia total puede estimarse en unos 100 a 120 m.

El límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria corresponde al contacto entre las facies carbonatadas y pelíticas de la parte superior de la infrayacente unidad Galocha-Ontiñena y las facies terrígenas, con abundantes paleocanales de arenisca de la base de esta unidad.

La distribución de facies de la unidad Bujaraloz-Sariñena a lo largo del sector central de la Cuenca del Ebro puede observarse en la figura 6.

Sedimentos correspondientes a esta unidad han podido datarse en la hoja de Peñalba, en donde Azanza *et al.* (1988) y Cuenca *et al.* (1989) identifican *Ritteneria manca* (que caracteriza la biozona 2b de Mein, 1975) en las calizas de Valdeladrones que se sitúan en el tercio inferior de esta unidad, en consecuencia se puede considerar una edad Ageniense para la parte inferior de esta unidad, mientras que su parte superior corresponde ya al Aragoniense.

Los materiales detríticos de esta unidad genético-sedimentaria forman parte de la Formación Sariñena (Quirantes 1969), y los evaporíticos de la Fm. Zaragoza (Quirantes *op. cit.*), recientemente estudiada desde el punto de vista petrológico y geoquímico por Mandado (1987).

Se han diferenciado cuatro asociaciones de facies en esta unidad.

1.1.3.1. Areniscas y arcillas (8). Canales de arenisca (9). Ageniense-Aragoniense

Estos sedimentos constituyen la base de la unidad Bujaraloz-Sariñena en el extremo noroeste del territorio, en los alrededores de Valpalmas y del Pico Gallinero. En el resto de la hoja estos materiales pasan lateralmente a facies más distales (unidad 10).

Esta unidad está constituida por arcillas de coloraciones grises y ocre con intercalaciones de capas tabulares y de paleocanales de arenisca, algunos de los cuales se han cartografiado individualmente (9). Hacia el suroeste, en los últimos afloramientos correspondientes a esta unidad, van desapareciendo los paleocanales y van ganando importancia los sedimentos pelíticos.

Las arcillas suelen estar ligeramente edafizadas y pueden mostrar niveles con coloraciones variadas. Los cuerpos arenosos tabulares no son muy abundantes y suelen ser masivos con granoselección positiva. A techo suelen mostrar laminación paralela y cruzada de pequeña escala.

Los cuerpos de areniscas con base erosiva pueden tener una potencia de hasta 3 m y en muchas ocasiones se hallan amalgamados formando paquetes de escala decamétrica. Tienen estructuras de acreción lateral y muestran una gradación vertical del tamaño de grano y de las estructuras sedimentarias que permiten interpretarlos como el relleno de paleocanales de ríos meandriformes (*point bars*).

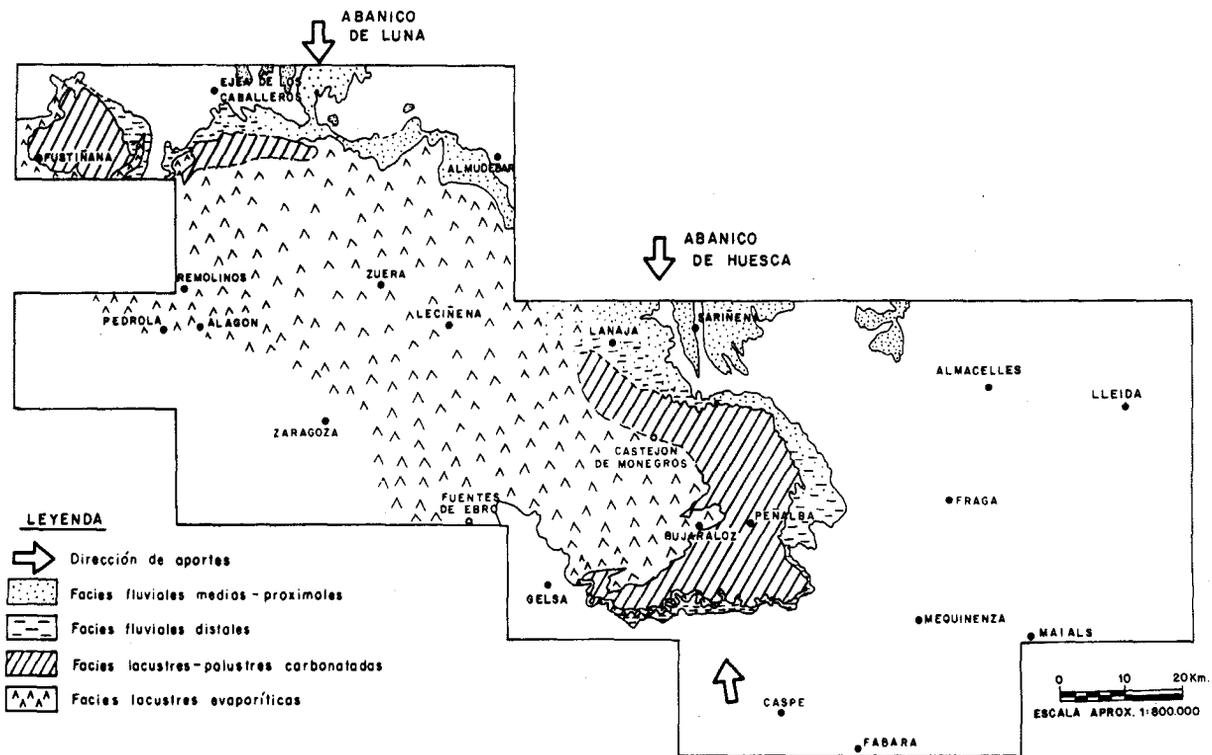


Fig. 6. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Bujaraloz-Sariñena

Las areniscas son sublitarenitas con cuarzo, fragmentos de caliza, biotita, moscovita y feldespato como principales detriticos; el cemento es calcítico y puede haber cierto contenido en arcilla producto de la alteración de feldespato y micas.

De acuerdo con sus características sedimentológicas estos materiales pueden interpretarse como depósitos de un sistema aluvial distal, distinguiéndose facies de relleno de paleocanales de tipo meandriforme y depósitos de desbordamiento en la llanura de inundación (fig. 8 A y B).

Por criterios de correlación regional puede considerarse una edad Ageniense-Aragoniense para esta unidad.

1.1.3.2. *Alternancia de arcillas con yesos nodulares y acintados y areniscas en cuerpos canaliformes (10). Ageniense-Aragoniense*

Esta unidad está compuesta por paleocanales de arenisca, yesos, arcillas y alguna capa individual de calizas limosas. Aflora en la mitad meridional de la hoja y representa un cambio de facies de la unidad 8.

Los canales de arenisca tienen un espesor de hasta 1 a 1,5 m y aparecen intercalados entre arcillas de color verde oscuro-ocre. Tienen estructuras de acreción lateral y una gradación vertical de estructuras sedimentarias que permiten interpretarlos como el relleno de paleocanales de tipo meandriforme.

Las calizas son poco abundantes en estas facies aunque tienen una variedad de microfacies muy grande. Aparecen como delgadas capas de 5 a 6 centímetros de potencia y de color oscuro y ligeramente bioturbadas.

El yeso se encuentra como nódulos y masas lenticulares que aparecen intercalados entre las arcillas, los carbonatos y las areniscas. Generalmente se trata de yesos blancos nodulares y micronodulares (tipo *chicken wire*) de textura albastrina. En muchas ocasiones los nódulos de yeso se encuentran formando niveles continuos de aspecto tabular.

Las areniscas son sublitarenitas y subarcosas en las que los componentes terrígenos fundamentales son cuarzo, plagioclasas, feldespatos potásicos, fragmentos de caliza y micas (biotita, moscovita y clorita), estando los feldespatos y micas parcialmente alterados a arcillas; el cemento puede ser en unos casos calcítico y en otros yesífero. Estas areniscas de color verde oscuro típico pueden contener troncos transformados a xilópalo.

Las calizas pueden clasificarse como calcisilitas y biomicritas, en las que los fósiles más abundantes son caráceas y ostrácodos. También se encuentran dolomicritas algo margosas, con inclusiones de cristales lenticulares de yeso y nódulos y pequeñas bandas enterolíticas de anhídrita. Una tercera variedad de carbonatos está formada por estromatolitos algales, donde alternan finas bandas de micrita, limos de cuarzo y yeso.

Posteriormente al depósito de estos sedimentos, se produjo una diagénesis temprana que ha llevado a la transformación de parte de los nódulos de anhidrita y de algunos estromatolitos a calcedonia y cuarzo. Un segundo proceso diagenético, de origen vadoso, ocasionó la formación de pisolitos.

Las características sedimentológicas de esta asociación de facies permite interpretar su medio de depósito como un ambiente de tránsito entre aluvial distal y margen de lago salino (*playa lake*) (fig. 8 E).

La edad de esta unidad es Ageniense-Aragoniense según las consideraciones realizadas en el apartado 1.1.3.

1.1.3.3. *Alternancia de yesos tabulares y arcillas grises (11). Aragoniense*

Estos sedimentos afloran en la mitad meridional de la hoja, en donde constituyen la parte superior de la unidad de Bujaraloz-Sariñena.

Esta unidad está compuesta por arcillas y yesos tabulares que representan un cambio de facies de los depósitos de la unidad 10 hacia el sur y suroeste.

Las arcillas son grises, en ocasiones ligeramente verdes, y pueden mostrar laminaciones paralelas milimétricas, se encuentran en niveles de 2-3 cms de espesor alternando con capas centimétricas de yeso de aspecto tabular. Los yesos tienen un aspecto micronodular (*chicken wire*) y presentan texturas alabastrinas habiéndose perdido la textura original, que posiblemente fue de yesos en empalizada. También pueden hallarse niveles de yesos nodulares entre el sedimento margoso con nódulos centimétricos de yeso blanco y de textura alabastrina.

De acuerdo con sus características sedimentológicas estos sedimentos pueden interpretarse como depositados en un ambiente de lago salino con episodios de margen de lago salino en los que tiene lugar el crecimiento de los nódulos de yeso (fig. 8 E y F).

Por criterios de correlación regional puede suponerse una edad Aragoniense para esta unidad.

1.1.4. **Unidad Remolinos-Lanaja**

Esta unidad aflora únicamente en el extremo suroeste de la hoja. Está constituida por sedimentos detríticos en la base y por sedimentos margo-carbonatados a techo. No ha podido medirse la potencia total de esta unidad dentro de la hoja, pero puede estimarse en más de 120 m.

El límite con la unidad infrayacente, corresponde a un cambio brusco de facies entre las facies aluviales que forman la base de esta unidad y los sedimentos evaporíticos de lago salino que constituyen la parte superior de la unidad Bujaraloz-Sariñena.

La distribución de facies de la unidad Remolinos-Lanaja a lo largo del sector central de la Cuenca del Ebro puede observarse en la figura 7.

En los materiales que forman esta unidad genético-sedimentaria, no se han encontrado yacimientos de microvertebrados que hayan permitido datarla. Sin embargo, en la hoja de Lanaja se ha podido atribuir una edad Aragoniense medio-superior a la unidad Montes de Castejón-Sierra de Lanaja. Teniendo en cuenta que esta última unidad presenta una posición estratigráfica bastante más alta que la unidad Remolinos-Lanaja, y que la parte media de la infrayacente unidad Bujaraloz-Sariñena corresponde a la parte inferior del Aragoniense, se puede considerar una edad Aragoniense medio para esta unidad.

Los materiales que constituyen esta unidad genético-sedimentaria forman parte de la Fm. Uncastillo (Soler y Puigdefàbregas, 1970) y del sistema deposicional de Luna de Nichols (1984).

En esta unidad se han distinguido tres asociaciones de facies, cartografiadas como (12), (13) y (14).

1.1.4.1. *Areniscas de aspecto tabular, arcillas y calizas oscuras (12). Aragoniense*

Esta unidad aflora en el extremo suroeste de la hoja, en donde constituye la base de la unidad Remolinos-Lanaja. Está compuesta por una alternancia de capas tabulares de arenisca, arcillas, limos y algunas calizas (estas últimas más frecuentes hacia la parte superior de la unidad cartográfica).

Los cuerpos arenosos con geometría canaliforme son muy minoritarios en esta unidad. Tienen una base erosiva y suelen mostrar estratificación cruzada planar. Las capas de arenisca tabular tienen espesores centimétricos-decimétricos, son masivas y presentan granoselección decreciente hacia arriba.

Las capas de caliza son tabulares, escasas y poco potentes, fétidas y de color oscuro. Pueden clasificarse como biomicritas en las que los fósiles principales son restos de caráceas, ostrácodos y en menor cantidad gasterópodos y bivalvos.

El ambiente sedimentario en que se depositaron estos materiales corresponde, probablemente a un ambiente aluvial distal fundamentalmente a una llanura de inundación, mientras que los depósitos de paleocanales son escasos (fig. 8 B).

Por los criterios de correlación regional expuestos anteriormente puede atribuirse una edad Aragoniense medio a esta unidad.

1.1.4.2. *Margas y tablas de caliza (13). Aragoniense*

Estos materiales afloran en un área muy reducida del extremo suroeste de la hoja.

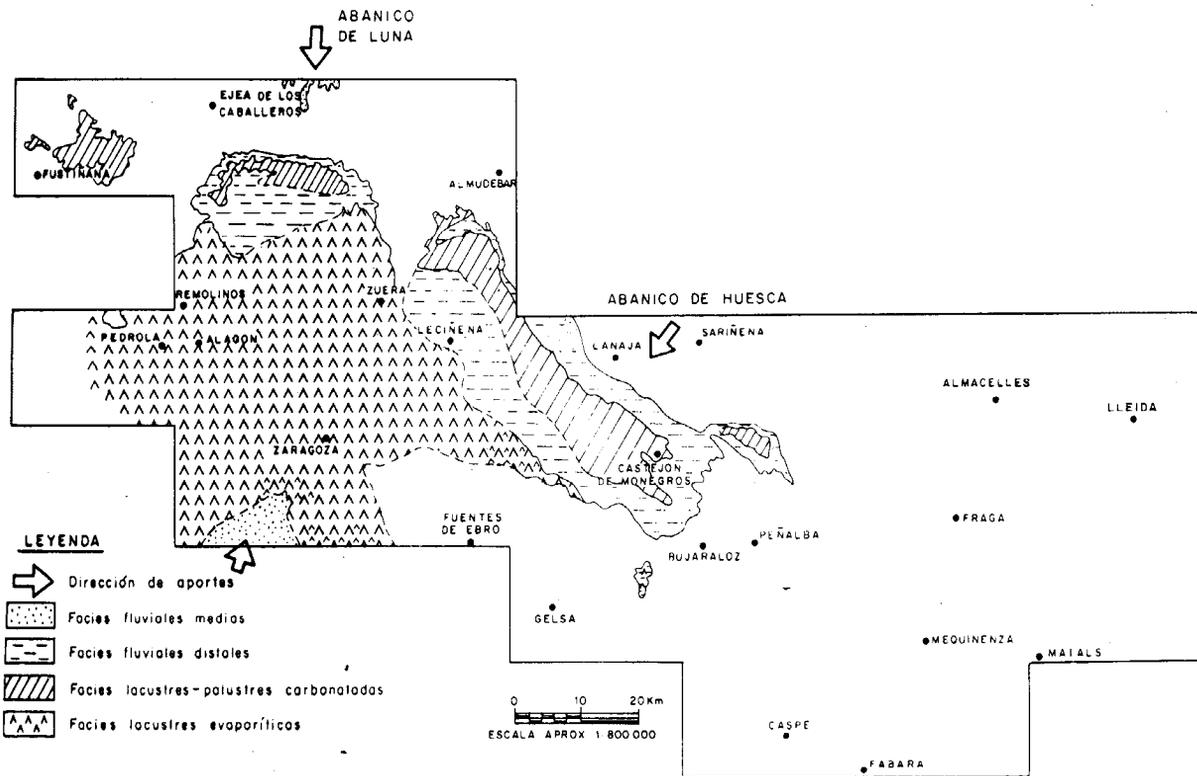


Fig. 7. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Remolinos-Lanaja

Se trata de una alternancia de margas grises y de capas de caliza. Las margas son grises y, en ocasiones rosadas, con algunos signos de edafización. Las capas de caliza son tabulares, poco potentes, fétidas y de color oscuro; pueden clasificarse como biomicritas en las que los fósiles principales son restos de caráceas, ostrácodos y en menor cantidad gasterópodos y bivalvos.

De acuerdo con sus características sedimentológicas estos sedimentos pueden interpretarse como depósitos de un ambiente lacustre-palustre (fig. 8 C y D).

1.1.4.3. *Calizas gris oscuro, margas y arcillas (14). Aragoniense*

Esta unidad aflora en una reducida área situada en el extremo sur-occidental de la hoja.

La unidad está constituida por una alternancia de calizas gris oscuro, con margas y arcillas grises. Las capas de caliza tienen un espesor centimétrico-decimétrico (máximo 50 cms). Se trata de calizas fétidas con algunas perforaciones por raíces y con abundante materia orgánica y restos fósiles. Pueden clasificarse como biomicritas, siendo los fósiles más abundantes restos de tallos y oogonios de caráceas, ostrácodos y con menor frecuencia restos de gasterópodos y bivalvos.

Según las características observadas estos sedimentos pueden interpretarse como depósitos de un ambiente lacustre con intervalos palustres representados por los sedimentos pelíticos (fig. 8 C y D).

La edad atribuida, por criterios de correlación regional, a esta unidad es Aragoniense medio.

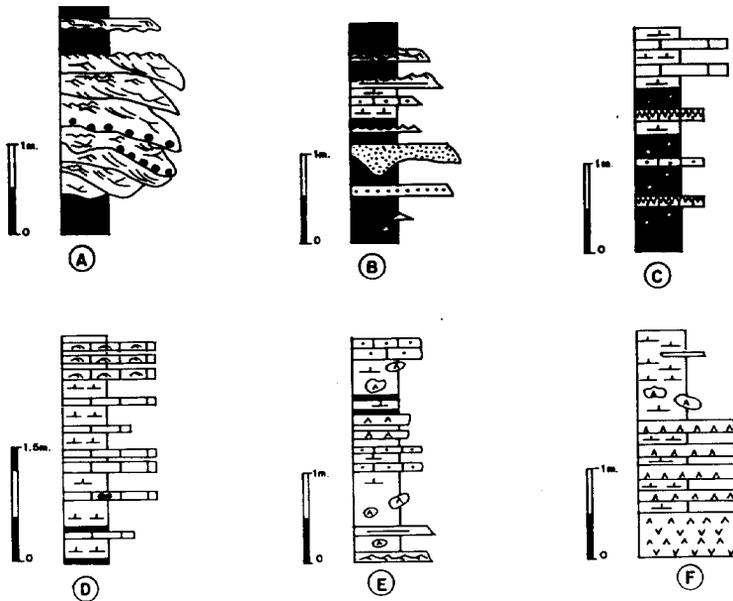
1.2. CUATERNARIO

1.2.1. **Pleistoceno**

Dada la ausencia de dataciones suficientes de los depósitos cuaternarios en la Cuenca del Ebro la división cronológica es aproximativa. A pesar de la suposición, por parte de algunos autores, de la existencia de depósitos de edad pliocena o pliocuaternaria en la cuenca del Ebro y al no existir datos fiables al respecto, hemos decidido dar a los depósitos más altos una edad Pleistoceno inferior y fijar el tránsito Pleistoceno inferior-superior, en una posición aproximada, en función de los datos paleontológicos presentados por Zuidam *et al.* (1975) para la terraza T2.2 de dicho autor (Zuidam, 1976) y su correlación con las terrazas del Gállego (Bomer, 1957).

1.2.1.1. *Conglomerados de bloques, cantos y gravas de rocas ígneas y metamórficas. Terrazas (15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 y 26). Pleistoceno*

En general, son conglomerados de bloques, cantos y gravas bien redondeados de procedencia pirenaica, con algunos niveles de arenas y limos y cemento calcáreo micrítico, dispuestos en barras depositadas por canales de tipo anastomosado. Los bloques, cantos y gravas son de



- A — FACIES DE RELLENO DE PALEOCANALES DE RIOS MEANDRIFORMES. BARRAS DE MEANDRO
 B — FACIES DE LLANURA DE INUNDACION
 C — SECUENCIAS DE FACIES PALUSTRES
 D — SECUENCIAS DE FACIES LACUSTRES
 E — SECUENCIAS DE FACIES DE MARGEN DE LAGO SALINO
 F — SECUENCIAS DE FACIES DE LAGO SALINO

LEYENDA

	} ARENISCAS		YESOS		RIPPLES DE OSCILACION
			YESOS NODULARES		LAMINACION PARALELA
	CALIZAS		ESTRATIFICACION CRUZADA EN SURCO		ESTRATIFICACION WAVY
	CALCISILTITAS		ESTRATIFICACION CRUZADA PLANAR		ESTRATIFICACION LINSEN
	LUTITAS		RIPPLES DE CORRIENTE		MARCAS DE RAICES
	MARGAS		RIPPLES ASCENDENTES		CANTOS BLANDOS

Fig. 8. Secuencias de facies representativas de los ambientes deposicionales que se desarrollan en la hoja de Almuédvar (28-12)

composición ígnea y metamórfica (con algunas calizas subordinadas) en las terrazas del Gállego y fundamentalmente calcáreas cuando se asocian a los otros ríos (Barranco Puipullín, río Sotón). El espesor de los depósitos es normalmente de 3-4 metros pero en las terrazas más altas supera los 10 metros.

Los procesos de cementación por carbonatos están presentes en todas las terrazas, aunque en las inferiores (tramos 25 y 26 de la cartografía) están menos desarrollados. En las terrazas altas (tramos 15, 16, 17, 19, 20 y 21) es frecuente la presencia de costras calcáreas bien desarrolladas ("caliches") sobre las mismas; para dar mayor claridad cartográfica al mapa sólo se han señalado las costras sobre la terraza superior en la zona de Las Malladetas, donde, al estar separadas del conglomerado por limos pertenecientes a la antigua llanura de inundación, constituyen un tramo fácilmente señalable (unidad 18).

1.2.1.2. *Conglomerados de cantos y gravas calcáreas, arenas y limos. Abanicos aluviales y depósitos fluviales del piedemonte pirenaico (27, 28). Pleistoceno*

Estos depósitos se han diferenciado de las terrazas por un doble motivo, en primer lugar por su significado morfológico (véase capítulo de Geomorfología) y en segundo lugar por su composición litológica. Son conglomerados de cantos y gravas calcáreas bien redondeados con algo de arena y limo dispuestos en barras de canales de tipo anastomosado cementados por carbonatos y con costras calcáreas bien desarrolladas ("caliches"). El espesor de estos depósitos oscila entre los 2-4 metros, aunque localmente (sobre todo en la depresión de Almodévar) pueden ser algo mayores.

1.2.1.3. *Gravas de calizas terciarias, arenas, limos y arcillas. Glacis (29, 30). Pleistoceno*

Los depósitos de glacis de la hoja de Almodévar están compuestos por gravas de calizas terciarias, angulosas y aplanadas con presencia de algunas gravas con cantos de areniscas y matriz arenoso-limosa y a veces arcillosa, con cemento calcáreo más o menos abundante. En la depresión de Almodévar la matriz arenosa contiene algunos granos de yeso (2-3%). El espesor medio de estos depósitos es de 1 ó 2 metros, aunque, localmente, puede ser algo mayor. Los procesos de carbonatación pueden llegar a ser importantes con formación local de costras calcáreas.

1.2.1.4. *Limos, arenas, arcillas y calizas a techo. Depósitos de llanura de inundación y costras calcáreas (18). Pleistoceno*

Estos depósitos consisten en cementaciones de calizas micríticas de colores ocre a salmón claro, formando estructuras espeleotemáticas, pisolíticas y bandeados laminares correspondientes a facies de diagénesis vadosa. Aunque sólo se han señalado sobre la terraza más alta, donde están separadas de los conglomerados por limos de llanura de inundación, también existen costras bien desarrolladas sobre los depósitos de piedemonte, glacis y terrazas. El mayor o menor desarrollo de la cementación carbonatada, está en relación con la edad del depósito

superficial, mostrándose como elemento disperso en los depósitos más recientes y como costas bien desarrolladas en los más antiguos.

1.2.2. Holoceno

1.2.2.1. *Bloques, cantos, gravas de rocas ígneas y metamórficas y arenas. Barras y depósitos de canal del río Gállego (31). Limos, arenas y arcilla. Llanura de inundación del río Gállego (32). Holoceno (actual)*

Los depósitos actuales del río Gállego son bloques, cantos y algunas gravas de rocas ígneas y metamórficas procedentes de la zona axial pirenaica, dispuestas en barras pertenecientes a un río de tipo anastomosado de tendencia meandriforme con depósitos de limos, arenas y arcillas en la llanura de inundación.

1.2.2.2. *Arcillas y limos. Zonas endorreicas (34). Holoceno*

Son arcillas de color gris a ocre claro con algo de limo, depositadas en depresiones semiendorreicas.

1.2.2.3. *Arenas, limos, arcillas y gravas. Fondos de valle (33). Limos, arcillas, arenas y gravas. Rellenos de "vales" y depósitos aluvial-coluvial, coluviones, cuaternario indiferenciado y conos de deyección (35, 36, 37 y 38). Holoceno*

Los depósitos ligados al lavado de las vertientes y acumulación en fondos de valles y "vales", pies de ladera y coluviones, tienen una composición limo-arcillosa con algún nivel de gravas y algo de arena. Los distintos tipos de depósitos se han diferenciado por su posición y significado geomorfológico (véase capítulo 3).

2. TECTONICA

2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La Hoja de Almodévar está situada en la parte central de la Cuenca del Ebro.

La Cuenca del Ebro, en sentido tectónico, corresponde fundamentalmente a la cuenca de antepaís de la Cordillera Pirenaica. En superficie sus límites están marcados por esta cadena, la Cordillera Ibérica y los Catalánides, y en subsuelo su extensión es mayor, ya que está recubierta parcialmente por el Pirineo y su prolongación occidental, la Cordillera Cantábrica y por parte de la Cordillera Ibérica. De estos orógenos son los Pirineos los que han ejercido una mayor influencia en la génesis y evolución de la cuenca de antepaís.

El sustrato de la Cuenca del Ebro está constituido por un zócalo paleozoico sobre el que se dispone una cobertera mesozoica incompleta, con predominio de los materiales triásicos y jurásicos, ocupando los materiales más modernos la posición más meridional. Los mapas de isobatas de la base del terciario (Riba *et al.*, 1983) muestran una inclinación general de la superficie superior del sustrato pre-cenozoico hacia el norte (Pirineos), llegando a alcanzar profundidades superiores a 3500 m. bajo el nivel del mar en su sector septentrional (más de 5000 m. en La Rioja alavesa), mientras la parte meridional se mantiene siempre a menos de 1000 m.

La edad del relleno sedimentario, muestra una pauta clara: los depósitos más antiguos se ubican en los sectores septentrional y oriental y los más modernos en las áreas meridionales y orientales. Esto es un reflejo de la evolución de la deformación en el orógeno, hacia el antepaís y progresivamente más moderna de este a oeste.

El estudio de superficie de la Cuenca del Ebro muestra una estructura geológica muy sencilla, con capas subhorizontales o con buzamientos muy suaves en la mayor parte de la cuenca, excepción hecha de aquellas áreas próximas a las cadenas colindantes. Las deformaciones más abundantes en la cuenca está ligadas a fenómenos halocinéticos. Sin embargo, la cartografía de detalle pone de manifiesto la existencia de estructuras que, si bien no suelen ser deformaciones de gran intensidad, sí presentan cierta continuidad lateral que refleja la presencia de direcciones paralelas a las estructuras ibéricas a lo largo de prácticamente la totalidad de la cuenca, así como otras de orientación NNE a NE, más difíciles de detectar. Estas direcciones preferentes también se manifiestan en los lineamientos detectados con imágenes de satélite y parecen ser reflejo en superficie de estructuras mayores que en algunos casos llegan a afectar al sustrato, como ponen de relieve los hasta el momento no muy abundantes datos de subsuelo.

2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

La hoja de Almodévar está constituida en su mayor parte por terrenos terciarios de edad Ageniense y Aragoniense, excepto el cortejo de depósitos superficiales cuaternarios relacionados con el río Gállego, que surca la hoja por su mitad occidental en dirección norte-sur. El tercio suroccidental de la hoja está ocupado por materiales en parte evaporíticos, mientras el resto son capas competentes de areniscas y calizas alternando con niveles margosos y arcillosos.

No se aprecian apenas en toda la extensión de la hoja deformaciones cartografiadas. Los materiales terciarios presentan una disposición subhorizontal, pero los niveles competentes que afloran más extensamente muestran la existencia de un tenue basculamiento (1 a 3°) generalizado de los estratos agenienses hacia el suroeste que se manifiesta también a lo largo de una gran extensión en la parte central de la Cuenca del Ebro, afectando en las hojas vecinas a estratos de edad más moderna (Aragoniense), que en la presente hoja presentan un basculamiento más suave.

No se han observado fallas cartografiadas, aunque figuran en la cartografía algunas "fallas supuestas", que no responden exactamente a un solo accidente, sino que representan anisotropías más o menos extendidas en su entorno que afectan a terrenos terciarios. Las más representativas son la del Barranco de la Rabosera, al noreste de Piedratjada, con orientación ONO-ESE, las que afectan a el Monte Lijo, junto a la central eléctrica del Salto de Marracos con similar orientación, y la que pasa junto a Marracos, con orientación noreste-suroeste.

Existe una fracturación bien desarrollada que afecta los niveles competentes terciarios. Prácticamente en todos los casos observados se distinguen dos familias dominantes de diaclasas verticales perpendiculares entre sí. Este patrón es sistemático en todo el ámbito de la Depresión del Ebro y Cordillera Ibérica (Simón, 1989) y afecta por igual a materiales de diversas edades a lo largo de todo el Neógeno y Cuaternario. Generalmente se aprecia una gran regularidad en su orientación, existiendo una familia principal próxima a N-S y una segunda familia E-O. En la hoja de Almodóvar también se reconocen en parte estas características, si bien no con la claridad de otros sectores ni afectando a depósitos cuaternarios.

Los niveles yesíferos muestran localmente pliegues de escala decimétrica a métrica cuya apariencia geométrica y la dispersión de la orientación de sus ejes sugieren que probablemente sean debidos a procesos halocinéticos o incluso gravitacionales, pero sólo en unos pocos casos pueden relacionarse con procesos compresivos tardíos, dentro del contexto tectónico del Mioceno inferior-medio (Gracia y Simón, 1986; Casas, 1988; Simón y Paricio, 1988). En este último caso se encuentran algunos pliegues en yesos con geometría de tipo *kink-band* y algún pliegue aislado que afecta a materiales no yesíferos (inmediaciones de El Balsón, junto al kilómetro 17 de la carretera de Zuera a Las Pedrosas).

2.3. EVOLUCION TECTONICA

Los datos existentes en el marco de la hoja no permiten establecer grandes precisiones sobre su evolución tectónica que debe ser contemplada desde un punto de vista regional.

El relleno de la cuenca por depósitos continentales parece condicionado desde el Oligoceno (al menos) por la actividad tectónica en el Pirineo, que origina una gran subsidencia relativa de la Cuenca del Ebro. Los datos de subsuelo (Riba *et al.*, 1983) indican que el eje del surco sedimentario sufre una traslación hacia el sur desde el Paleoceno al Mioceno superior. También se observa que durante el Eoceno y el Oligoceno existen dos depocentros, uno en Navarra-La Rioja y otro en Cataluña, separados por un alto relativo situado en Los Monegros. A partir del Mioceno el depocentro se sitúa en la zona de Los Monegros-Bajo Aragón al tiempo que cesa la sedimentación en la parte catalana. En la parte occidental la sedimentación continúa duran-

te gran parte del Mioceno a favor de los surcos de Navarra y Rioja, prolongándose durante el Mioceno superior al menos en la Rioja Alta y la Bureba, cuyo Terciario más moderno llega a enlazar con el de la Cuenca del Duero.

La actividad tectónica pirenaica se desarrolla fundamentalmente durante el Eoceno inferior (emplazamiento de los mantos del Montsec, Cotiella y Pedraforca) y en el Oligoceno tiene lugar el mayor desplazamiento hacia el sur de la vertiente surpirenaica sobre el autóctono de la Cuenca del Ebro. La deformación migra hacia el oeste, de manera que en el Pirineo oriental y central los primeros indicios de deformaciones compresivas del Pirineo son de edad Cretácico superior, y desaparecen antes del Mioceno, mientras que en la zona occidental (Rioja) existen cabalgamientos cuya actividad se prolonga al menos hasta el Mioceno medio (Vindoboniense).

Aunque el orógeno pirenaico ha sido el que mayor incidencia ha tenido en la configuración y evolución de la Cuenca del Ebro, las demás cadenas periféricas han ejercido también cierta influencia sobre la misma, aunque quizás más restringida a los bordes. Las relaciones entre tectónica y sedimentación han permitido a Anadón *et al.* (1986) interpretar la estructura de los Catalánides y la Cuenca del Ebro como el resultado de una tectónica de desgarre convergente a lo largo de fallas sinistras escalonadas que afectan al basamento. Durante el Paleógeno el borde de la cuenca ha sufrido traslaciones, y la última posición del mismo está señalado por una importante sedimentación conglomerática con una o varias discordancias progresivas. La edad de la deformación varía, siendo más reciente en el SO y más antigua en el NE (Anadón *et al.*, 1979). En lo que respecta al borde ibérico, también registra actividad tectónica con repercusiones en la cuenca, sobre todo detectada en los extremos NO (frente de las sierras de Cameros y Demanda) y SE (enlace con los Catalánides).

Durante el Mioceno y Plioceno tiene lugar una etapa de tectónica predominantemente extensional que afecta a la mayor parte del NE peninsular, aunque siguen existiendo indicios de actividad compresiva incluso hasta el Mioceno inferior en el sector central de la cuenca, y durante el Mioceno medio en la parte occidental. Este régimen tectónico originó en la parte oriental fosas distensivas frecuentemente controladas por fallas preexistentes que se superponen a las estructuras de plegamiento de los Catalánides (fosas del Vallés-Penedés, Camp de Tarragona, ...). La influencia de esta tectónica extensional excede con frecuencia el dominio de las fosas, y se manifiesta en los depósitos terciarios del borde oriental de la cuenca mediante enjambres de fallas normales.

El régimen distensivo generalizado da lugar, no sólo en el borde oriental, sino en la totalidad de la cuenca y en las cadenas periféricas, a una fracturación y diaclasado (Simón, 1989) que ponen de manifiesto la presencia en profundidad de accidentes mayores, principalmente de orientación ibérica, que pueden haber condicionado la sedimentación y geometría de la cuenca a lo largo de su evolución (alto relativo de Los Monegros durante el Oligoceno).

2.4. NEOTECTÓNICA

Hacia el Mioceno superior-Plioceno se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque no se manifiesta por fallas cartográficas, sí produjo un sistema de diaclasado bastante homogéneo y débiles pero extensos basculamientos probablemente controlados por

fracturas del subsuelo. El campo de esfuerzos sería una distensión tendente a radial con σ_3 próximo a E-O, lo que hace que se forme una familia principal de diaclasas en torno a N-S. El intercambio de σ_2 y σ_3 en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar a una familia secundaria en dirección E-O.

Este campo de esfuerzos continúa durante al menos una parte del Cuaternario, y puede responder a un modelo de superposición de una compresión N-S (originada por el acercamiento de las placas Africana, Ibérica y Europea, muy activa en las Béticas en ese tiempo y mitigada al desplazarnos hacia el norte) y una distensión radial (causada por un proceso de *doming* cortical ligado al *rifting* del este peninsular), según Simón (1989). El resultado es un régimen de distensión tendente a multidireccional con el eje σ_2 situado en dirección N-S (coincidente con el eje σ_1 del campo compresivo).

Los depósitos cuaternarios sufren deformaciones de carácter atectónico como las estructuras de colapso encontradas al norte de la desembocadura del Barranco de la Rabosera. Estas deformaciones pueden tener explicación tanto en la disolución de yesos infrayacentes (que en realidad sólo afloran algunos kilómetros más al sur) como en procesos de *piping*, que sí parecen frecuentes en los materiales limosos y arenosos del Terciario infrayacente en las inmediaciones del punto considerado.

3. GEOMORFOLOGIA

3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La hoja de Almudévar se encuentra situada en la unidad fisiográfica de la Depresión Terciaria del Ebro, próxima a su borde pirenaico.

En un sentido amplio del término, quedaría incluida dentro de la subunidad fisiográfica del Somontano o Piedemonte Pirenaico (Alberto *et al.* 1984) que constituye un surco deprimido con respecto a las Sierras Exteriores Pirenaicas (al norte) y los relieves de las Sierras Calcáreas Centrales (al sur). La precipitación media anual es de 500 mm y la temperatura media anual de 13-14°C.

El río Gállego, que discurre de norte a sur por la mitad occidental de la hoja, es el accidente físico más destacable. Al oeste de dicho río se sitúan las estribaciones de las sierras de Luna (Gallinero 632 m) en el norte, las depresiones de Montaral (380 m) y Campo Redondo (370 m) en el centro y las estribaciones de los montes calcáreos de Castejón al suroeste. La distribución de relieves al este del Gállego se puede sintetizar en otras cuatro unidades. La primera la constituyen los relieves invertidos de las terrazas del propio Gállego, en su ribera izquierda (Castellazos 440 m, Atalayeta 522 m, Valiente 492 m) que se ven interrumpidos por el barranco Puipullín en el norte y la garganta del río Sotón por el sur. Separada por las depresiones del río Sotón-Alberca de Alboré (por el norte y noroeste) y la de Almudévar-Llanos de la Violada (por el sur) ocupa el tercio oriental de la hoja la Sierra de la Galocha (Saso Plano 603 m). Esta sierra, está constituida por una sucesión de mesas calcáreas cortadas por dos valles netos que corren de norte a sur (Barranco de Villanueva, Fondo de Valdecabritos).

3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

3.2.1. Estudio morfoestructural

La arquitectura geológica del sustrato es el primer condicionante del relieve a considerar y permitirá comprender la distribución de los conjuntos orográficos principales.

Tal y como se señaló en el capítulo anterior la hoja se encuentra en la Depresión Terciaria del Ebro y presenta dos características morfoestructurales fundamentales. La primera es una gran variabilidad litológica condicionada por su posición intermedia entre el área fuente de los depósitos terciarios (Pirineo) y los depósitos centrales de la cuenca. La segunda característica general es la disposición subhorizontal de los estratos que en líneas generales buzcan entre 1° y 2° al sur-suroeste.

Las principales unidades morfoestructurales distinguibles están condicionadas por las variaciones litológicas existentes. La esquina noroeste de la hoja está ocupada por relieves de canales de areniscas superpuestos que forman importantes cerros y montes de laderas pronunciadas y pequeñas mesas condicionadas por superficies estructurales. Cuando el contenido en arcillas aumenta en detrimento de la presencia de paleocanales el relieve se modera en su energía y las formas dominantes de origen estructural son las pequeñas mesas y superficies estructurales así como canales areniscosos en relieve y algunos cerros cónicos que confieren un aspecto

peculiar al paisaje. Si la presencia de arenas disminuye más se pierde el control litológico, como ocurre en el borde norte de la hoja al este del Gállego, siendo la inversión del relieve debido a la mayor resistencia a la erosión de los depósitos superficiales cementados el proceso dominante. Las intercalaciones calcáreas existentes en los materiales de la Sierra de la Galocha y al oeste de Marracos dan origen a superficies estructurales extensas que originan relieves en mesas y cuestas de suave pendiente (1° ó 2° de inclinación). Los materiales yesíferos que se extienden por el sur de la hoja originan relieves en suaves lomas y depresiones (siempre que la inversión del relieve por presencia de depósitos superficiales cementados no lo modifique) y cerros cónicos cuando el contenido de areniscas aumenta. Por último, los depósitos calcáreos de la parte central de la cuenca terciaria dan origen a vigorosos relieves en muelas apreciables en el ángulo suroeste de la hoja (Montes de Castejón).

3.2.2. Estudio del modelado

3.2.2.1. Laderas

Las laderas constituyen un rasgo muy importante de la totalidad del paisaje, constituyendo la vía de aporte de agua y sedimento a la red de drenaje, por lo que son elementos fundamentales en la comprensión del relieve. Dentro de la hoja, pueden apreciarse distintos tipos de laderas en función de su sustrato y de los procesos erosivos.

Los relieves areniscosos (cerros ruiformes y relieves de paleocanales) originan laderas ruiformes por infiltración del agua de lluvia y lavado del material fino (arcillas). Cabe señalar que este tipo de laderas no se ha representado como elemento morfológico independiente al quedar incluido como proceso poligénico (en los cerros ruiformes en areniscas) o bien por su escasa superficie (en el caso de los relieves de paleocanales).

Los elementos de laderas de perfil rectilíneo aparecen asociados a los relieves de cerros cónicos y a los escarpes entre terrazas encajadas.

El resto de las vertientes presentan, en general, perfiles con segmentos basales cóncavos (que han sido cartografiados como depósitos coluviales o como laderas regularizadas en función de la identidad del depósito acumulado y cuando la escala de trabajo permite señalarlas) que enlazan con depósitos de fondo de *vale*. La parte superior de estas laderas está constituida por un escarpe más o menos vertical (bien de origen estructural o bien debido a inversión de relieve de los depósitos superficiales cementados) o por interfluvios convexos, cuando no existan escarpes que dominen la ladera.

3.2.2.2. Formas fluviales

Para comprender correctamente la relación entre el relieve de la hoja y las formas debidas a los procesos fluviales hay que considerar que los ríos de procedencia pirenaica (Gállego fundamentalmente y en menor medida el río Sotón) constituyen un elemento "extrazonal" (Alberto *et al.* 1984), sin relación con las condiciones climáticas de la hoja (mucho más áridas que las existentes en la zona pirenaica).

Dentro de las formas fluviales "extrazonales" se han señalado los depósitos de terraza del río Gállego, Sotón y Puipullín. Los depósitos aluviales situados al norte de la hoja, corresponden a depósitos aluviales y fluviales del Piedemonte Pirenaico y se tratarán en el capítulo de formas poligénicas.

En la simbología del mapa se han distinguido dos niveles de terraza en el río Gállego (10-15 m y 15-25 m) no cíclicas (no pareadas), asociadas al desarrollo de meandros durante el proceso de encajamiento del río en la primera terraza cíclica (25-35 m), del resto de las terrazas ya que su forma y significado son netamente distintos.

Los procesos fluviales "zonales" presentan características diferentes correspondientes a un sistema de erosión semiárido (Rodríguez Vidal, 1982 y 1986) con predominio de procesos de erosión intensa (cárcavas, *piping*, incisión lineal, arroyada) y sedimentación rápida por pérdida de la capacidad de transporte (rellenos de fondos de valles y *vales*, depósitos aluvial-coluviales, conos de deyección de torrentes).

3.2.2.3. *Formas kársticas*

En la Sierra de la Galocha (al norte de Almudévar) se han señalado, sobre las mesetas calcáreas, tres dolinas de borde difuso en las que procesos de *piping* han colaborado en su formación.

3.2.2.4. *Formas endorreicas*

El endorreísmo es un fenómeno frecuente en la Depresión Terciaria del Ebro, y en especial en su sector central (Alberto *et al.*, 1984). Existen tres zonas principales de carácter semiendorreico en la hoja. La más extensa de ellas se sitúa en la Depresión de Almudévar-Llanos de la Violada y es del tipo "depresiones por disolución sin claro control estructural", según la clasificación de Zuidam (1976) y actualmente está drenada mediante azarbes para evacuar el agua sobrante del riego. En los Llanos de Montaral existe otra amplia zona de carácter semiendorreico asociada a procesos de erosión diferencial de las arcillas con respecto a los relieves en cuesta situados al sur. El tercer foco de procesos endorreicos es la Alberca de Alboré asociada asimismo a un proceso de erosión diferencial sobre materiales arcillosos (quizá apoyado por deflacción eólica); es el área que presenta un carácter de cubeta endorreica más evidente; no obstante, actualmente, está atravesada por el canal artificial del Gállego que transfiere agua del cauce de dicho río al embalse de la Sotonera y drena la alberca.

3.2.2.5. *Formas antrópicas*

Aparte de las actividades agrícolas y ganaderas (evidentemente no señaladas en el mapa) cabe destacar como modificación antrópica importante de los procesos geomorfológicos existentes, el trasvase de agua desde el río Gállego al embalse de la Sotonera y canal de los Monegros para su uso en regadíos.

3.2.2.6. Formas poligénicas

Bajo este epígrafe se describen aquellas formas que implican la acción simultánea o sucesiva de procesos diversos.

Al norte de la hoja, aparecen una serie de depósitos cuya interpretación ha sido discutida por diversos autores; son los "Depósitos Pliocuaternarios" (Alberto *et al.*, 1984), (Rodríguez Vidal, 1986) o "acumulaciones pliocuaternarias" (Peña, 1983) y los "glacis cuaternarios" de la zona de Ayerbe (Alberto *et al.*, *op. cit.*). Estos depósitos presentan características claramente fluviales de tipo anastomosado (Peña y Sancho, 1988) con encostramientos carbonatados a techo y pueden, en algunos casos, relacionarse con niveles de terraza de los valles principales (Gállego en este caso). Por su contexto regional (situados en la región del Piedemonte Pirenaico), la ausencia de laderas de valles que confinen la red fluvial, su carácter sedimentológico (barras de tipo anastomosado), su extensión transversal (en comparación con los depósitos de terrazas de los ríos principales) y por último el no constituir terrazas morfológicas (en el sentido estricto del término y no en su sentido de depósito superficial de origen aluvial) se ha considerado la conveniencia de no incluir estos depósitos dentro de la formas fluviales, pues su génesis implica un proceso más complejo en el que se labra una amplia superficie, más o menos plana, a modo de piedemonte recubierta por un manto aluvial extenso en forma de *bajada*. En la depresión de Almodévar han sido señalados algunos depósitos de piedemonte desconectados del verdadero piedemonte Oscense pero en relación con ellos a través de los valles decapitados actualmente por el río Sotón (barranco de Villanueva) y barranco de Valdabrá (Fondo de Valdecabritos).

Dada la confusión existente en la utilización del término *glacis* (ver Gallart 1977 y Gonzalo Moreno, 1981) se precisa su uso en este trabajo para formas que se ajusten a su sentido descriptivo original y tengan carácter claramente "zonal" (en contraposición a los depósitos del piedemonte pirenaico con características claramente "extrazonales"). Los *glacis* de la hoja de Almodévar, se han labrado sobre los materiales más débiles de la región (formaciones yesíferas fundamentalmente) y arrancan de los relieves calcáreos existentes.

Los procesos de carbonatación con formación de costras calcáreas ("caliches") y cementación del material detrítico de las formaciones superficiales están presentes tanto en terrazas como en los depósitos de piedemonte y *glacis*; sin embargo sólo se han señalado en el mapa cuando muestran una expresión morfológica propia (no correspondiente con la del depósito superficial asociado).

Los *val* o *vales* son valles rellenos de material detrítico de origen aluvial-coluvial por removiliación de los suelos de las laderas (Zuidam, 1976); otros autores (Llamas, 1962) suponen un origen eólico para estos materiales o bien una combinación de procesos eólico-vertiente-fluvial (Alberto *et al.*, 1984). El resultado final de este relleno es la existencia de valles de morfología muy suave con un relleno de carácter limoso muy apto para el cultivo y en bastantes casos fuertemente incidido por la red de drenaje actual (por lo que hay que suponer que el equilibrio acumulación- evacuación de estos *vales* es precario o bien que la acumulación no es el proceso activo en la actualidad).

Cabe señalar que el uso tradicional de los *vales* como zona de cultivo, mediante aterrazamientos y bancales, ha tenido forzosamente que influir en los procesos de retención del riego

no. La distinción entre rellenos de fondo de *vales* y depósitos aluvial-coluvial es meramente morfológico y está establecida en función de la pendiente longitudinal del *vale* y su jerarquía en la red de drenaje.

En el capítulo dedicado a las laderas ya se ha señalado el carácter ruiforme de las vertientes de algunos relieves estructurales de areniscas y los procesos que originan estas laderas. Dado el carácter mixto de estas formas (tectónica-laderas) se han incluido los cerros ruiformes como formas poligénicas.

3.2.3. Formaciones superficiales

La selección de los distintos depósitos superficiales representados, se ha realizado en función de tres criterios fundamentales: su composición litológica, su forma deposicional y su significado geomorfológico en el contexto del mapa y la región.

Las características litológicas y sedimentológicas de los depósitos superficiales han sido expuestas en el capítulo de estratigrafía del Cuaternario y las formas de relieve deposicionales han sido tratadas en el capítulo anterior, por lo que en este capítulo se van a tratar brevemente algunos aspectos geomorfológicos de las formaciones superficiales no expuestos en los capítulos precedentes.

Las superficies estructurales degradadas son elementos donde las características formales de las superficies estructurales se pierden, debido a recubrimientos de depósitos superficiales poco potentes (señalados como cuaternario indeferenciado en el mapa geológico). Con el fin de dar mayor claridad al mapa geomorfológico y dada su escasa entidad como depósito, no se considera esta unidad de transición como formación superficial en sentido estricto.

Los distintos depósitos fluviales holocenos del río Gállego se han ordenado en barras de cantos y bloques y llanura de inundación. El desarrollo lateral de estos depósitos (y seguramente su potencia vertical) está claramente condicionado por la naturaleza del sustrato; teniendo mucho mayor desarrollo en la zona sur de la hoja, debido a la solubilidad del sustrato yesífero, formando una amplia vega desde Gurrea hacia su confluencia con el Ebro.

Como depósitos holocenos fluviales, no relacionados con el río Gállego, se han señalado conos de deyección de pequeños torrentes y algunos depósitos de fondo de valle donde el acarreo longitudinal, por corrientes fluviales, es el proceso actual dominante frente al proceso de relleno por aporte transversal (rellenos coluvial-aluvial y fondos de *vales*).

Los niveles de terrazas fluviales diferenciados se han ordenado cronológicamente en función de criterios meramente geométricos y altitudinales (como asimismo su relación con los depósitos de piedemonte y glacia). Los cuatro niveles superiores de terrazas existentes al oeste de Marracos (+95, +110, +140, +180) se han agrupado más al sur en dos niveles.

Sólo se han señalado como depósitos de ladera en el mapa geomorfológico, los coluviones de cierta entidad superficial o aquellos que presentan una expresión geomorfológica peculiar, como unidad de enlace entre ladera-fondo de valle (o fondo de *vale*).

Otros elementos geomorfológicos (laderas ruñiformes de cerros areniscos, elementos de laderas regularizados) no se han señalado como depósitos en sentido estricto, bien por su escasa potencia o bien por su reducida expresión areal.

Otro tipo de depósitos señalados son los situados en zonas semiendorreicas o de escaso drenaje, sus características composicionales y formales han sido descritas anteriormente por lo que remitimos al lector a los correspondientes capítulos de esta memoria.

Dentro de los depósitos poligénicos, se han cartografiado en el norte de la hoja y en la depresión de Almodévar, dos niveles de acumulación de materiales ordenados en barras y formados por cantos y gravas calcáreas procedentes de las Sierras Exteriores Pirenaicas (depósitos de Piedemonte Pirenaico). Estos depósitos, claramente conectados al norte y al sur de la Sierra de la Galocha, a través de los barrancos de Villanueva y Fondo de Valdecabritos, han sido desconectados de la red fluvial por capturas sucesivas y paulatina jerarquización de la red fluvial, por lo que se pasa de depósitos en mantos externos a depósitos confinados en valles formando terrazas.

3.4. EVOLUCION DINAMICA

Una vez terminadas las fases de depósito miocenas, el establecimiento de la red fluvial del Ebro, como sistema de transporte y erosión exorreica hacia el Mediterráneo, produciendo un importante vaciado erosional, es el primer evento a considerar en la evolución del relieve de la región. Sin embargo, poco se puede decir de esta primera fase erosiva. El paso de régimen deposicional endorreico a erosión exorreica debió de producirse en el tránsito Mioceno-Plioceno (Riba *et al.*, 1983) o quizá algo antes, aunque debido a la falta de dataciones en las facies terminales miocenas es difícil establecer claramente su comienzo. Este momento debió de estar acompañado de un levantamiento generalizado de la Cuenca del Ebro.

Zuidam (1976) señala la existencia de una superficie de erosión sobre las calizas de La Muela (620 m aproximadamente) al sur de Zaragoza, con niveles de costras carbonatadas a techo. En la hoja de Ejea de los Caballeros es posible observar sobre las muelas calcáreas miocenas de la Sierra de Castejón, un importante nivel de costra carbonatada que preserva un nivel de alteración arcilloso de 8 a 10 metros de potencia situado a 750 m de altura. Este nivel de entramamiento puede representar una primera superficie de erosión comparable a la señalada por Zuidam (1976) al sur del Ebro, pero situado a cota algo superior. Dicho autor supone una edad fini-pliocena o comienzos del Pleistoceno para esta superficie. Esta superficie, no es visible en la hoja de Almodévar.

Una serie de superficies estructurales definidas por estratos calcáreos (S_1 y S_2 de los perfiles I y IV) conforman las zonas más altas de los relieves existentes.

El sistema fluvial del Gállego, se establece en un estadio temprano de la evolución del relieve, como lo atestiguan los depósitos fluviales del Cerro Atalayeta y Valiente (niveles T_6 , T_7 , T_8 , T_9 , T_{6-7} y T_{8-9} de los perfiles II, III y IV). El encajamiento del río se realiza mediante un importante desplazamiento desde el este hacia el oeste, para ocupar finalmente una posición próxima a la

actual. Simultáneamente a este desplazamiento del río, se producen procesos de inversión del relieve por cementación de los depósitos de terraza y erosión de los materiales circundantes, de modo que desde los estadios superiores (T_9) al inferior (T_6) se han producido importantes cambios en el relieve: configuración de la depresión de Almodívar-Llanos de la Violada y depósito del nivel de piedemonte más antiguo (P_2).

Posteriormente, se produce el depósito del nivel de piedemonte inferior (P_1 del perfil I), todavía en conexión con la depresión de Almodívar. Al final de este estadio, se producen importantes cambios en la red fluvial, por captura del río Sotón de las cabeceras de los barrancos que conectan el piedemonte de Ortila con la depresión de Almodívar (barranco Villanueva y Fondo de Valdecabritos).

Por último, el encajamiento de la red fluvial produce dos terrazas encajadas (T_4 y T_3 de los perfiles I, II, III y IV) con formación de dos niveles de glacis (G_1 y G_2) contemporáneos a ellas y un encajamiento de la red secundaria con un paso de depósito de mantos extensos de aluviones de piedemonte, a formación de depósitos de fondo de valle (terrazas del río Sotón).

Los últimos eventos importantes en la evolución del relieve son el encajamiento del río Gállego sobre el nivel anterior de terraza (T_3) con formación de pequeñas terrazas no pareadas (T_1 y T_2 de los perfiles I, II, III y IV), debidas al desplazamiento de los meandros durante el proceso de encajamiento y la formación de gargantas en los ríos secundarios (Sotón por ejemplo).

Las edades señaladas en la leyenda son aproximativas y la discusión de los límites cronológicos establecidos, se presenta en el capítulo de estratigrafía del Cuaternario.

3.5. MORFODINAMICA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

El Gállego funciona en la actualidad como un río de canales de tipo anastomosado, con cierta tendencia meandriforme; presenta gran capacidad de transporte por arrastre de carga de fondo, formando depósitos de canal en barras de cantos y bloques. La llanura de inundación es, generalmente, pequeña y sólo forma una verdadera vega apartir de Gurrea. Las obras hidroeléctricas de su cabecera y el trasvase de agua al sistema de riego del Canal de Monegros, forzosamente influirán en los procesos fluviales futuros del río.

El acarreamiento, la formación de barrancos con marcada incisión lineal y la erosión por sub-fusión o *piping* son procesos "zonales" ligados a la acción torrencial propios de regiones de clima semiárido, presentes en todo el ámbito de la hoja y especialmente en su mitad norte, donde el relieve es, en general, mayor. La pérdida de vegetación es, en general, la variable fundamental que controlará la evolución futura de este proceso.

Los rellenos de fondo de *vales* se encuentran, en muchos casos, sujetos a procesos de *piping* y abarrancamiento, que indican un proceso de erosión intensa de los mismos en la actualidad o bien un estado de equilibrio acumulación- evacuación precario, en el que pequeñas variaciones del entorno pueden rápidamente modificar la dinámica de los *vales*.

4. HISTORIA GEOLOGICA

La hoja de Almodóvar se sitúa en el sector centro-septentrional de la Cuenca del Ebro. Esta cuenca corresponde a los últimos estadios de evolución de la cuenca de antepaís meridional del orógeno pirenaico, aunque sus márgenes meridional y oriental estuvieron afectados por la actividad tectónica de la Cordillera Ibérica, y de la Cordillera Costero Catalana.

Durante el Paleoceno, en el margen meridional de la cuenca de antepaís surpirenaica se depositaron materiales continentales (Formación Mediona; Ferrer, 1971). En el Ilerdiense, tuvo lugar una transgresión marina generalizada de forma que durante gran parte del Eoceno, en la cuenca se desarrollaba una sedimentación marina.

En el Eoceno superior (Priaboniense), la cuenca de antepaís pasa a ser una cuenca endorreica. En estas condiciones de sedimentación continental se desarrollaron extensos sistemas de abanicos aluviales y redes fluviales distributivas desde los márgenes hacia el centro de la cuenca; en donde se depositaron importantes acúmulos de sedimentos lacustres carbonáticos y evaporíticos.

La sedimentación de los sistemas aluviales tiene lugar de forma coetánea con la deformación de los orógenos que circundan la cuenca. Este hecho queda reflejado en las discordancias progresivas y angulares desarrolladas en los materiales conglomeráticos de abanico aluvial proximal que son observables en numerosas localidades: Formación Berga (Riba, 1976) en el Pirineo; sistemas de Sant Miquel del Montclar, de La Llena y del Montsant (Anadón *et al.*, 1986) en la Cordillera Costero Catalana. La tectónica sinsedimentaria, desarrollada en la cuenca durante el Oligoceno y el Mioceno, también queda reflejada por la progresiva migración, a través del tiempo, que efectúan los depocentros lacustres hacia el O.

Los sedimentos más antiguos aflorantes en la hoja de Almodóvar pertenecen al Oligoceno superior (Ageniense) mientras que los más modernos son de edad Mioceno medio (Aragoniense). Estos sedimentos se han dividido en cuatro unidades genético-sedimentarias descritas en el capítulo de Estratigrafía, que son de más antigua a más moderna: Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, Unidad Galocha-Ontiñena, Unidad Bujaraloz-Sariñena y Unidad Remolinos-Lanaja. Cada una de estas unidades está constituida, de forma general, por sedimentos aluviales distales en la base, y por sedimentos lacustre-palustres en el techo. Todo el sedimento de la unidad evoluciona a facies evaporíticas hacia las partes más distales de la cuenca. Esta ordenación refleja la existencia de una reactivación de los sistemas aluviales, que progradaron hacia el centro de la cuenca, en la base de cada una de las unidades diferenciadas. Los aportes de los materiales aluviales, presentes en la zona cartografiada, provienen exclusivamente del borde pirenaico.

Dentro de la hoja el registro sedimentario más antiguo, corresponde a la base de la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca. Estos materiales representan depósitos detríticos de origen fluvial transportados por ríos meandriformes. Los sedimentos margo-carbonatados que constituyen la parte superior de esta unidad representan una etapa de expansión lacustre generalizada acaecida en la base del Ageniense.

La sedimentación de los materiales que constituyen la base de la unidad Galocha-Ontiñena representa una nueva reactivación de los sistemas aluviales que proporcionaron el sedimento.

En esta etapa se depositaron materiales fluvio-aluviales, de ríos meandriformes y depósitos de llanura de inundación. La evolución de estos sedimentos hacia los que constituyen la parte superior de la unidad, y que son predominantemente margo-carbonatados, implica una disminución de la actividad fluvial y la instauración progresiva de un régimen lacustre expansivo.

Con la sedimentación de los materiales de la base de la unidad Bujaraloz-Sariñena, formada por paleocanales de ríos meandriformes y por facies de llanura de inundación, queda reflejado un nuevo periodo de reactivación de los sistemas aluviales, procedentes del Pirineo, durante el tránsito Ateniense-Aragoniense inferior. Hacia el sur la unidad está constituida íntegramente por sedimentos de origen evaporítico, lo que indica la existencia de una expansión de las áreas de lago salino.

Los materiales aluviales, que en la parte sur-occidental de la hoja, constituyen la base de la Unidad Remolinos-Lanaja, representan otra etapa de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales. Dentro de la hoja se puede observar que hacia el techo de la unidad se desarrollan materiales predominantemente margo-carbonatados que implican la disminución de la actividad fluvial y el desarrollo, nuevamente, de unas condiciones lacustres expansivas con las que culminaría la unidad.

Desde este momento y hasta los tiempos cuaternarios no existe registro sedimentario en la hoja de Almudévar, sin embargo en otras hojas, como la de Lanaja, continuó la sedimentación, en unas condiciones similares a las descritas hasta ahora, de tres nuevas unidades genético-sedimentarias, la última de las cuales representa el techo de la serie terciaria de la Cuenca del Ebro.

A partir del Aragoniense, el campo de esfuerzos regional corresponde a un estado distensivo que se prolonga hasta el Cuaternario (Simón, 1989).

En el tránsito Mioceno-Plioceno se produce un fuerte cambio en las condiciones de sedimentación de la cuenca al transformarse en una cuenca exorreica que desagua hacia el Mediterráneo a través de la Cordillera Costero Catalana. Desde este momento y durante todo el Cuaternario, se produce una alternancia de etapas de erosión y sedimentación en la región, relacionadas con cambios climáticos y con claro predominio global de las primeras.

El intenso proceso de vaciado erosivo configura la morfología actual del área mediante un modelado de erosión diferencial. Las etapas en las que domina la sedimentación permiten la formación de sucesivos niveles de glaciares y de terrazas asociadas a los cauces fluviales principales.

Regionalmente hay constancia de una moderada actividad neotectónica, relacionada principalmente con la halocinesis de las formaciones evaporítico-salinas del substrato.

5. GEOLOGIA ECONOMICA

5.1. RECURSOS MINERALES

La escasa población y actividad industrial que se asienta sobre la superficie de la hoja no ha demandado ni demanda apenas actividad en cuanto a rocas y materias primas minerales. Por

NUMERO (*)	COORD. UTM X Y Z	Sustancia	Municipio y Provincia	Morfología y/o tipo	Mineralogía	Observaciones
1	X: 681.360 Y: 4667.610 Z: 455 m	Arenisca	Piedratejada (Z)	Estratiforme, planar	Naturaleza silicocalcárea	En capas de 0,5-1,5; explotación, abandonada, para piedra sillar. Un banco sobre 40 m de frente
2	X: 684.300 Y: 4662.800 Z: 405 m	Arenisca	Piedratejada (Z)	Estratiforme, planar	Naturaleza silicocalcárea	Explotación abandonada sobre un banco en 80 m de frente. Capas de hasta 2 m de potencia
3	X: 693.950 Y: 4664.650 Z: 435 m	Caliza	Alcalá de Gurrea (Hu)	Estratiforme	—	Explotación abandonada para áridos y piedra de mampostería
4	X: 693.850 Y: 4664.280 Z: 440 m	Caliza	Alcalá de Gurrea (Hu)	Estratiforme	—	Explotación abandonada para áridos y piedra de mampostería

(*) Entre paréntesis el de Metalogenético 1:200.000 (2ª serie) o el del Mapa de Rocas Industriales

otro lado los materiales presentes tampoco ofrecen una perspectiva favorable, salvo utilización local para pequeñas obras.

Por las circunstancias citadas se explica que tan sólo se localicen cuatro indicios de rocas industriales de reducida importancia y dos de ellos de utilización ocasional.

5.1.1. Rocas industriales

5.1.1.1. Aspectos generales

En el cuadrante noroeste de la hoja se localizan dos indicios inactivos que explotaban losas y bloques de areniscas con destino ornamental (según consta en el Mapa de Rocas Industriales), más propiamente roca de mampostería y construcción rústica.

En las proximidades de la presa del Embalse de la Sotonera estuvieron activas dos canteras de caliza que suministraron este material tanto para la propia presa y construcciones anejas, como para el afirmado de los viales de servicio. Concluida esta obra pública, concluyó su actividad.

5.1.1.2. Descripción de los materiales

Las explotaciones de areniscas se hicieron sobre niveles entre 0,5 y 1,5 m de espesor de grano medio silíceo y carbonatado, muy cementadas, de color marrón y subhorizontales. Están, junto con limos y arcillas pardo-rojizas, comprendidas dentro de la Fm. Sariñena (molinas surpirrenaicas oligo-miocenas). La explotabilidad del recurso no es buena por la gran cantidad de desecho generado (niveles blandos), poco frente y acuñamiento de los niveles areniscosos, ello caracteriza las reservas como medianas.

Se practicaron labores sobre potencias de frente de aprox. 3 m y corridas de frente entre 40 y 80 m.

Las explotaciones de caliza lo fueron sobre series calcomargosas. No se trata de series muy compactas y homogéneas que den perfiles idóneos para su canterización, pero la inmediatez del uso y una topografía favorable determinaron su explotación

5.2. HIDROGEOLOGIA

Los únicos materiales con interés hidrogeológico dentro de la hoja son los depósitos cuaternarios, sobre todo aquellos asociados al río Gállego y Sotón (ver esquema hidrogeológico regional). Otras formaciones que pueden presentar localmente alguna permeabilidad son los canales de areniscas y los yesos terciarios.

La recarga de estos acuíferos es debida principalmente a la infiltración de la precipitación, los excedentes de riego y, en el caso de los aluviales, por aporte de los cursos superficiales.

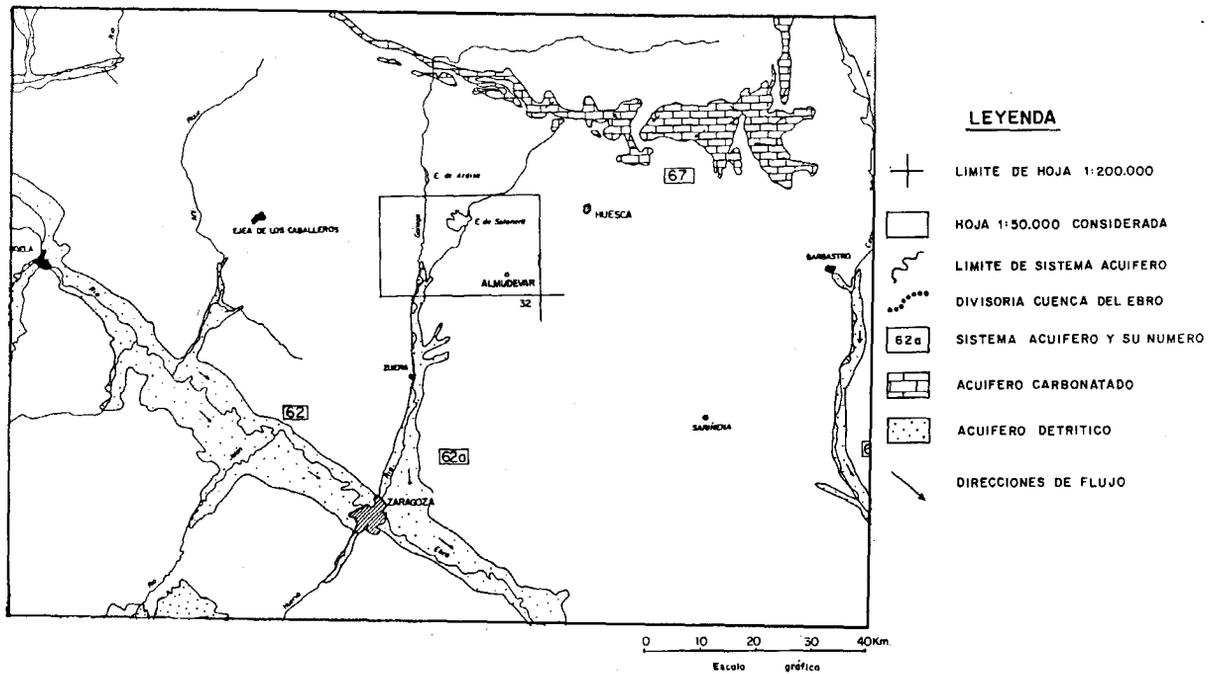


Fig. 9. Esquema hidrogeológico regional

CUADRO RESUMEN DEL INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

Octante	Naturaleza (*)				Caudal medio (m ³ /h)			Prof. media (m)		Número Total Puntos
	N	P	S	O	N	P	S	P	S	
1	2	—	1	1	—	—	1	—	35	4
2	6	3	—	1	2	2	—	3	—	10
3	4	10	2	2	2	27	1,5	5,5	67	18
4	1	4	1	3	—	10	1,5	6	30	9
5	1	1	—	1	1,8	—	—	9,7	—	3
6	2	2	1	—	2	—	1,5	5	13,1	5
7	1	—	—	—	0,2	—	—	—	—	1
8	1	3	—	3	4,3	—	—	6	—	7
Total hoja	18	23	5	11	2	13	1,5	6	9,5	52

(*) Naturaleza: M -Manantial

P - Pozo

S - Sondeo

O - Otros: balsas, galerías, ...

La descarga se produce de manera natural a través de manantiales y surgencias difusas. No existen muchas captaciones y el grado de extracción de aguas subterráneas es muy bajo.

Las demandas de abastecimiento y regadío están cubiertas por una amplia red de distribución de aguas superficiales a través de canales y por esto no hay una gran densidad de puntos de agua (ver cuadro resumen de inventario).

La calidad química de las aguas subterráneas no es muy buena, tratándose de aguas muy duras.

5.2.1. Climatología

El Instituto Nacional de Meteorología dispone de 11 estaciones dentro de la hoja. La mayoría de ellas registran solamente datos de precipitación, pero hay 3 que además toman datos de temperatura y 2 de éstas disponen de heliógrafo.

Para la caracterización climática de la hoja se han considerado los datos de la 9489 (Embalse de la Sotonera) y la 9481 (Marracos) que son las que tienen un registro más largo.

Como se expone en los datos a continuación, y también se refleja en el mapa de isoyetas la precipitación media anual es del orden de 500 mm.

Precipitaciones mensuales completadas (mm)

Estación 9489	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
Media	36,5	38,8	38,7	34,5	31,6	36,7	43,2	53,4	44,5	24,4	33,8	43,8	459,8
D. Típica	31,1	32,0	24,1	29,3	23,2	29,4	43,5	29,6	33,6	24,3	29,9	36,6	112,6

Estación 9481	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
Media	43,6	51,2	47,3	43,0	39,0	47,0	49,8	60,9	51,0	25,1	44,7	51,1	553,7
D. Típica	36,8	47,1	31,3	36,0	27,4	45,0	45,9	40,6	39,5	24,9	38,5	50,4	132,1

Los meses más lluviosos coinciden con mayo y junio, siendo julio el más seco.

Estos valores de medias mensuales no reflejan el carácter torrencial de las precipitaciones, sobre todo al final del verano.

La media interanual de temperaturas se sitúa en torno a los 13°C con un amplio intervalo de variación que oscila entre un mínimo de 4°C en enero y un máximo de 23,3°C en julio.

Temperaturas medias mensuales completadas (°C)

Estación 9481	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
Media	14,0	8,1	4,7	4,0	5,5	8,7	11,7	15,4	20,0	23,3	22,7	19,7	13,2
D. Típica	1,6	1,6	1,5	1,7	1,9	1,7	1,5	1,7	1,7	1,4	1,4	1,7	0,8

Estación 9489	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
Media	13,9	8,4	5,0	4,3	5,8	8,9	11,9	15,3	19,8	23,2	29,8	19,6	13,3
D. Típica	1,8	1,4	1,5	1,6	1,7	1,5	1,4	2,1	2,2	1,3	1,5	1,8	0,7

La evapotranspiración potencial elaborada según el método de Thorttwaite es del orden de 750 mm/año con máximos estivales y mínimos invernales.

Según la clasificación agrodinámica de Papadakis en la hoja de Amudévar se distinguen 2 zonas. En el cuadrante suroeste el clima es mediterráneo continental templado, con invierno avena fresco, verano arroz y régimen de humedad mediterráneo seco. El resto de la hoja se encuentra en un clima mediterráneo continental templado con invierno avena fresco, verano maíz y régimen de humedad mediterráneo seco.

5.2.2. Hidrología

El principal curso de agua en la hoja es el río Gállego que la atraviesa de norte a sur. Todos los demás ríos y barrancos que aparecen son tributarios suyos, salvo el barranco Lavés en la esquina noroeste que pertenece a la cuenca del río Arba de Luesia. Al este, el borde de la Depresión de Almudévar marca la divisoria con el río Flumen.

Las formas de las cuencas asociadas a estos ríos principales son alargadas según las direcciones de éstos.

Las únicas estaciones de aforo presentes en la hoja no afectan a los cursos naturales. La Confederación Hidrográfica del Ebro controla la estación nº 838 correspondiente al embalse de la Sotonera, la nº 421 que controla la salida del Canal de Monegros a partir del embalse y la nº 430 que controla la desviación del canal de la Violada a partir de éste.

El embalse de la Sotonera entró en servicio en 1961 y es la base del sistema de Riegos del Alto Aragón. Tiene una capacidad de 189 hm³.

Una característica importante de esta zona es la existencia de zonas endorreicas con drenaje deficiente que corresponden a la Depresión de Almudévar-Llanos de la Violada, Llanos de Montaral y la Alberca de Alboré. El lugar ocupado ahora por el embalse era también una depresión endorreica.

Se pueden observar zonas de surgencias difusas en los alrededores de Piedratajada y lagunas (balsas) de carácter permanente en los sasos de Almudévar.

5.2.3. Características hidrogeológicas

La mayoría de la hoja está ocupada por materiales terciarios continentales de permeabilidad muy reducida. Los únicos entre éstos que tienen cierta permeabilidad son los yesos de la Formación Zaragoza y la facies más grosera de los materiales detríticos.

Los depósitos realmente interesantes son los cuaternarios. Hacia la mitad de la hoja comienza la unidad acuífera del río Gállego que pertenece al sistema nº 62 del ITGE "Aluvial del Ebro y Afluentes".

También tienen alguna importancia el aluvial del río Sotón y muy localmente los glaciares y valles desconectados de la red principal.

5.2.3.1. Aluvial del Río Gállego

Se consideran dentro de esta unidad los distintos niveles de terrazas así como la llanura de inundación y los depósitos de canal.

Está compuesto por bloques, cantos y gravas con niveles de arenas y limos dispuestos en barras.

El espesor es de 3-4 m superando las terrazas más altas los 10 m.

Se estructuran en niveles colgados salvo los niveles inferiores (unidades 25 y 26) que en ocasiones pueden estar conectados hidráulicamente entre sí.

La permeabilidad varía de unos lugares a otros en función de la litología predominante y los posibles procesos de cementación.

La recarga se produce por infiltración de la precipitación y de los excedentes de riego.

La descarga natural se efectúa a través de manantiales asociados al drenaje lateral de las terrazas colgadas. La explotación no es importante por la facilidad de obtener agua a través de canales y de los propios ríos.

Los recursos y reservas estarán por tanto muy limitados ya que la recarga es pequeña y además la descarga se produce a nivel de muro del acuífero vaciándolo prácticamente al completo.

Dentro del escaso inventario de puntos de agua, las captaciones más frecuentes son pozos abiertos de escasa profundidad (máximo de 13 m) concentrándose la mayoría en el término de Gurrea de Gállego. Antiguamente cada casa tenía un pozo para su propio abastecimiento pero en la actualidad están cegados la mayoría.

Las surgencias que jalonan los escarpes de las terrazas están muy influenciadas por el regadío y aquellas dispuestas en la margen derecha tienen caudales más altos por filtraciones del Canal del Gállego que se sitúa topográficamente por encima de ellas.

La mayor parte de las surgencias presentes en la hoja se utilizan como fuentes públicas y las captaciones cubren las necesidades de granjas no incluidas en las redes de abastecimiento.

5.2.3.2. *Otros materiales cuaternarios*

Los depósitos más importantes son los que forman los aluviales de los ríos Sotón y Astón situados en la parte noreste de la hoja. Tienen un espesor máximo de 10 m y son de naturaleza limo-arenosa.

Los recursos disponibles son escasos dado el poco volumen de estos depósitos. Son aprovechados mediante pozos abiertos que apenas se usan para regadío de pequeñas huertas.

Otros materiales cuaternarios susceptibles de interés son los piedemontes y glaciares pleistocenos que aparecen en la zona de Ostilla-Montmesa, así como los rellenos de fondo de barranco y las zonas endorreicas. El espesor máximo de estos acuíferos es de 3-4 m.

Debido a su poca extensión los recursos son muy pequeños y las reservas prácticamente nulas.

La obra de captación más frecuente son los pozos abiertos, siendo frecuentes las zanjas y galerías. En general casi todas estas obras están abandonadas.

La existencia de un sustrato bastante impermeable condiciona la existencia de zonas húmedas (Piedratajada, Marracos, Depresión de Almodévar) debido a la concentración de la escorrentía superficial hacia estas zonas endorreicas.

Algunos de los manantiales, surgencias difusas, y bolsas permanentes que aparecen en estos materiales parece que pueden tener un origen relacionado con flujos regionales en el Terciario detrítico.

5.2.3.3. *Terciario detrítico*

El Terciario detrítico de la Formación Sariñena constituye un medio poroso de baja a muy baja permeabilidad. La afluencia de aguas procedentes del Terciario se manifiesta como ya se ha comentado en las zonas húmedas (paules) que no llegan a constituir puntos de drenaje concentrado.

5.2.3.4. *Formaciones yesíferas terciarias*

Los yesos de la Formación Zaragoza no sufren verdaderos procesos de karstificación hasta llegar a la vecina hoja de Zuera, pero ya manifiestan procesos de disolución en el sector meridional de la que nos ocupa.

Como es de prever en función de los tipos de circulación subterránea descritos habrá unas facies asociadas a flujos locales, de escaso recorrido y baja mineralización, y otras que representen las aguas de circulación lenta y regional en los materiales terciarios.

Las primeras estarían relacionadas con los materiales cuaternarios y tendrán un carácter bicarbonatado-sulfatado cálcico-sódico, con apreciable cantidad de cloruros. La conductividad es inferior a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Las aguas que responden a una descarga de tipo regional (p.ej. 281280005) tienen una conductividad mucho más elevada ($>3000 \mu\text{S}/\text{cm}$). Son sulfatadas-bicarbonatadas calcico-sódicas. Esta alta mineralización y la notable cantidad de sodio, son las que indican una larga circulación que además se realiza a través de materiales arcillosos.

5.3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES

En la hoja de Almodévar pueden diferenciarse, atendiendo a los aspectos litológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos de los materiales que la constituyen, tres áreas de comportamiento geotécnico diferente. Estas, a su vez, se han subdividido en zonas que engloban distintas unidades cartográficas del mapa geológico.

En el cuadro resumen se han resumido las características geotécnicas más importantes de los materiales de la hoja.

AREA I: Comprende los depósitos terciarios con predominio de facies detríticas y margoso-carbonatadas, que se distribuyen por la mitad nororiental de la hoja.

Dentro de este área se pueden distinguir las siguientes zonas:

Zona I₁: A ella pertenecen las unidades cartográficas (1), (2), (4) y (6).

Está constituida por arcillas con cuerpos de areniscas y calizas.

Es una zona compuesta por capas con cierta inclinación hacia el SO, prácticamente ripable en su totalidad, a excepción de aquellos bancos de arenisca con potencia del orden de 1 m.

Posee un mal drenaje profundo, debido a la impermeabilidad intrínseca de las arcillas. Esto puede ocasionar riesgos de encharcamiento.

Cuantitativamente presenta una capacidad de carga moderada entre media y baja, pudiendo aparecer en cimentaciones asientos diferenciales.

El riesgo más relevante es la fácil erosionabilidad de los materiales.

Zona I₂: A ella pertenecen las unidades cartográficas (5), (8), (9) y (12).

Está formada por capas de areniscas con limos y arcillas intercaladas.

Es una zona compuesta por capas y bancos subhorizontales, de pendientes suaves.

Aunque la cementación de las areniscas no es muy fuerte, sin embargo esta unidad presenta cierta dificultad al ripado.

El drenaje tanto superficial como profundo es deficiente.

Zona I₃: A ella pertenecen las unidades cartográficas (3), (7), (13) y (14).

Está constituida por calizas y margas.

Es una zona compuesta por capas y bancos subhorizontales, de pendientes suaves. Esta disposición preferentemente horizontal facilita el ripado, sobre todo de los tramos margosos y de éstos con niveles de calizas poco potentes.

El drenaje, tanto superficial como profundo, es deficiente, debido a la impermeabilidad intrínseca de los tramos margosos.

AREA II: Comprende los depósitos terciarios con predominio de facies yesíferas.

Dentro de este área se pueden distinguir las siguientes zonas:

Zona II₁: Comprende la unidad cartográfica (10).

Está constituida por una alternancia de arcillas con yesos nodulares, areniscas y niveles finos dolomíticos.

Es una zona compuesta por capas subhorizontales, de pendientes suaves, prácticamente ripable en su totalidad.

El conjunto es impermeable, lo que puede originar encharcamientos.

Cuantitativamente presenta una capacidad de carga moderada entre media y baja.

Los riesgos más relevantes son la fácil erosionabilidad de los materiales y la agresividad a los hormigones por la presencia de iones sulfato disueltos.

Zona II₂: Comprende la unidad cartográfica (11).

Está constituida por yesos tabulares y arcillas grises.

La estratificación es generalmente buena en niveles horizontales, pero con ondulaciones frecuentes por la tectónica local que originan los yesos.

La acción de la escorrentía puede originar problemas por disolución.

Asimismo, pueden plantear problemas intensos de agresividad a los hormigones.

Los materiales de este grupo geotécnico no son ripables.

AREA III: Comprende los depósitos cuaternarios, formados por limos, arenas y gravas.

Se han distinguido las siguientes zonas:

Zona III₁: Está formada por las unidades cartográficas (15), (16), (17), (19), (20), (21), (22), (23), (24), (25), (26) y (31).

Está constituida por conglomerados de cantos, bloques y gravas fundamentalmente de rocas ígneas y metamórficas y arenas, limos y arcillas en mayor o menor proporción. Presentan morfología de terraza.

Esta unidad es perfectamente ripable y apta para la obtención de gravas y préstamos. Existen en este grupo algunos frentes abiertos.

Los taludes se mantienen prácticamente verticales.

En general son materiales permeables donde el drenaje se efectúa por infiltración.

Zona III₂: Está formada por las unidades cartográficas (18), (32), (33) y (35).

Está compuesta por limos, arenas y arcillas con costras calcáreas a techo, que forman amplios mantos aluviales de poco espesor.

Es una zona inundable y encharcable, con drenaje superficial y profundo generalmente muy bajo.

Estos materiales son fácilmente ripables.

Zona III₃: Está formada por las unidades cartográficas (27), (28), (29) y (30).

Está constituida por gravas, arenas y limos.

Presentan una estructura de tipo glacis con pendientes de 5° a 10°, que convergen en ocasiones con niveles de terrazas.

Los taludes que presentan en general son bastante inestables por su fácil erosionabilidad.

La ripabilidad es alta, mientras que la permeabilidad es muy baja y puede presentar problemas de aterramientos locales, por la naturaleza incoherente de los materiales que la forman.

Zona III₄: Está formada por la unidad cartográfica (34)

Está constituida por arcillas y limos con materia orgánica de origen lagunar reciente.

Se trata de un depósito poco potente de materiales de sedimentación endorreica en disposición horizontal.

Representa una zona inundable debido a su baja permeabilidad y al mal drenaje superficial.

Puede presentar problemas de agresividad derivados de la presencia de yeso.

Zona III₅: Está formada por las unidades cartográficas (36), (37) y (38).

Está constituida por una serie de limos, arcillas, arenas y gravas.

La ripabilidad de estos depósitos es alta y la permeabilidad del conjunto es de media a alta y no presentan por lo general problemas de drenaje. Los taludes naturales son por lo general bajos.

**CUADRO RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE LOS MATERIALES
DE LA HOJA DE ALMUDEVAR**

AREAS	ZONAS	UNIDADES CARTOGRAFICAS	LITOLOGIA	ESTRUCTURA	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
I	I ₁	(1), (2), (4) y (6),	Arcillas con cuerpos de areniscas y calizas	Capas bien estratificadas con buzamiento hacia el SO	Mal drenaje profundo debido a la impermeabilidad de las arcillas riesgos de encharcamiento. Capacidad de carga moderada entre media y baja. Fácil erosionabilidad de los materiales
	I ₂	(5), (8), (9) y (12)	Capas de areniscas con limos y arcillas intercaladas	Capas de bancos subhorizontales de pendientes suaves	Problemas de ripado en los bancos de areniscas muy cementadas. Drenaje superficial y profundo deficiente
	I ₃	(3), (7), (13) y (14)	Calizas y margas	Capas subhorizontales de pendientes suaves	Facilidad de ripado. Drenaje superficial y profundo deficiente
II	II ₁	(10)	Arcillas con yesos nodulares, areniscas y niveles finos dolomíticos	Capas subhorizontales de pendientes suaves	Fácilmente ripable. Impermeable, con riesgos de encharcamiento. Capacidad de carga moderada, entre media y baja. Fácil erosionabilidad de los materiales
	II ₂	(11)	Yesos tabulares y arcillas grises	Estratificación buena en niveles horizontales, con suaves ondulaciones por tectónica local	La acción de la escorrenría puede originar problemas por disolución. Agresividad a los hormigones, por la presencia de sulfatos. Baja ripabilidad.
III	III ₁	(15), (16), (17), (18), (19), (20), (21), (22), (23), (24), (25), (26) y (31)	Conglomerados, arenas, limos y arcillas	Morfología de terraza	Unidad perfectamente ripable, apta para la obtención de gravas y préstamos. Admite taludes prácticamente verticales. Son materiales permeables, donde el drenaje se efectúa por infiltración
	III ₂	(18) (32), (33) y (35)	Limos, arenas y arcillas, costras calcáreas	Mantos aluviales de escaso espesor	Zona inundable y encharcable, con drenaje superficial y profundo generalmente muy bajo. Materiales fácilmente ripables
	III ₃	(27), (28), (29) y (30)	I.Gravas, arenas y limos	Estructura tipo glacis con pendientes de 5 a 10°	Taludes generalmente inestables. Ripabilidad alta. Permeabilidad baja. Problema de aterramientos locales
	III ₄	(34)	Arcillas y limos con materia orgánica	Depósitos poco potentes, en disposición horizontal	Zona inundable debido a su baja permeabilidad y mal drenaje superficial. Agresividad a los hormigones por la presencia de yeso
	III ₅	(36), (37) y (38)	Limos, arcillas, arenas y gravas	Disposición horizontal	Ripabilidad alta. Permeabilidad de media a elevada, sin problemas de drenaje. Taludes naturales generalmente bajos

6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.)

La hoja de Almodévar se sitúa dentro del sector central del valle del Ebro, que se caracteriza por una gran homogeneidad desde el punto de vista geológico y fisiográfico, de manera que los P.I.G. resultantes en cada hoja deben entenderse en el ámbito y a la escala de ese sector central. Dentro de este sector se encuentra próxima al borde septentrional de la cuenca por lo que los materiales del Terciario presentes tienen un carácter proximal respecto a los de otras hojas.

Con el conocimiento previo de la geología de la hoja de Almodévar y de su importancia dentro del sector central de la Cuenca del Ebro se estableció una selección de posibles P.I.G. usando un método directo de subjetividad aceptada (Claver, 1984) entre los distintos técnicos que han contribuido a la realización de esta hoja.

De esta primera selección se han escogido un total de 5 P.I.G. Cuatro de ellos con contenido geomorfológico, debido al desarrollo que adquieren las áreas semiendorreicas en esta hoja, y uno de contenido estratigráfico. Para todos ellos se propone una utilización científico-didáctica y una importancia regional.

Posteriormente se ha establecido una selección de un punto que se describe brevemente a continuación.

- P.I.G. Nº 1:** La depresión semiendorreica de Almodévar es una vasta área de entre 55 y 60 km², sobre la cual se sitúa el pueblo del mismo nombre. Su origen se debe a una disolución del sustrato yesífero terciario durante el Cuaternario. Hay diversos puntos desde los cuales es observable la morfología de la depresión. Cabe destacar la presencia de diversas etapas de erosión de la misma, deducibles de las secuencias de depósitos asociados.

7. BIBLIOGRAFIA

AGUSTI, J.; CABRERA, L.I. ANADÓN, P. y ARBIOL, S. (1988).- A Late Oligocene-Early Miocene rodent biozonation from the SE Ebro Basin (NE Spain). A potential mammal stage stratotype. *Newsl. Stratigr.* 18 (2) pp. 81-97.

ALBERTO, F., GUTIÉRREZ, M., IBAÑEZ, M. J., MACHIN, J., PEÑA, J. L., POCOVÍ, A. y RODRIGUEZ VIDAL, J. (1984).- El Cuaternario de la Depresión del Ebro en la región aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes. *Univ. de Zaragoza. Estación Experimental de Aula Dei.*, 217, pp. 2 mapas.

ALVAREZ-SIERRA, M. A., DAAMS, R., LACOMBA, J. I., LÓPEZ MARTINEZ, N., VAN DER MEULEN, A. J., SESE, C. Y DE VISSER, J. (1990).- Paleontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta Geologica.* 94: 75 pp.

ANADÓN, P., CABRERA, L.I., COLOMBO, F., MARZO M. y RIBA, O. (1986).- Sintectonic intraformational unconformities in alluvial fan deposits, eastern Ebro basin margins (NE Spain). En: P.H. Allen y P. Homewood (eds.), *Foreland basins. Spec. Pub., Int. Ass. Sedim.* 8, pp. 259-271.

ANADÓN, P., VIANEY-LIAUD, M., CABRERA, L.I. y HARTENBERGER J.L. (1987).- Gisements à vertébrés du paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie. *Paleontologia i evolució*, 21, pp. 117-131.

ARENAS, C. y PARDO, G. (1991).- Significado de la ruptura entre las Unidades Tectosedimentarias N₂ y N₃ en el centro de la Cuenca del Ebro. *Geogaceta*, 9, pp. 67-70.

AZANZA, B.; CANUDO, J. I. Y CUENCA, G. (1988).- Nuevos datos bioestratigráficos del Terciario continental de la Cuenca del Ebro (sector centro-occidental). *II Congreso Geológico de España.* Granada. Vol. 1, pp. 261-264.

BOMER, B. (1957).- Vallée du Gállego et de l'Ebre. Livre-guide de l'excursion Pyrénées. *V Congr. Int. INQUA.* Madrid, pp. 90-107.

CASAS, A. M. (1988).- El estado de esfuerzos durante el Terciario en la Depresión de Arnedo (La Rioja). *Acta Geol. Hisp.*, 23 (3), pp. 223-231.

CUENCA, G. (1991 a).- Nuevos datos bioestratigráficos del sector oriental de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del grupo Español del Terciario, CONGET'91.* Vic, pp. 97-100.

CUENCA, G. (1991 b).- Nuevos datos bioestratigráficos del Mioceno del sector central de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del grupo Español del Terciario CONGET'91.* Vic, pp. 101-104.

CUENCA, G.; AZANZA, B.; CANUDO, J.I. y FUERTES, V. (1989). Los micromamíferos del Mioceno inferior de Peñalba (Huesca). Implicaciones bioestratigráficas. *Geogaceta*, 6, pp. 75-77.

CUENCA, G., CANUDO, J. I., LAPLANA, C. Y ANDRÉS, J.A. (1992).- Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geol. Hisp.*, v 27 (1-2), pp. 127-143.

ENADIMSA (1984).- Investigación de lignitos en el área de Mequinenza (Zaragoza, Huesca, Lérida) (inédito).

ENRESA (1989).- Estudio de las formaciones favorables de la región del Ebro y Pirineo alóctono (E.R.A.) (inédito).

FERRER, J. (1971).- El Paleoceno y el Eoceno del borde Sur-oriental de la Depresión del Ebro (Cataluña). *Mem. Suiss. Paleont.*, V. 90, 70 p.

GALLART GALLEGU, F. (1977).- Los glacia: problemas de nomenclatura, clasificación y génesis (Estudio Bibliográfico). *Acta Geológica Hispánica*, t. XII (1/3), pp. 12-17.

GONZALO MORENO, A.N. (1981).- El relieve de la Rioja. *Inst. Est. Riojanos*. Logroño, p. 508.

GRACIA, J. F. y SIMÓN, J. L. (1986).- El campo de fallas miocenas de la Bárdena Negra (provs. de Navarra y Zaragoza). *Boletín Geológico y Minero*, t. XCVII-VI, pp. 693-703.

HIRST, J. P.P. (1983).- *Oligo-Miocene Alluvial Systems in the Northern Ebro Basin, Huesca Province, Spain*. Tesis Doctoral. Univ. Cambridge, 247 p.

HIRST, J. P. P. y NICHOLS, G. J. (1986): Thrust tectonic controls on Miocene alluvial distribution patterns, southern Pyrenees. En: P.H. Allen y P. Homewood (eds.), *Foreland basins. Spec. Pub., Int. Ass. Sedim.* 8, pp. 247-258.

IGME (1975).- Estudio geológico y minero del área lignitífera de Calaf (inédito).

IGME (1975).- Proyecto de investigación de radioactivos del área lignitífera y uranífera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).

IGME (1976).- Área lignitífera y uranífera de Mequinenza (Lérida-Tarragona, Huesca y Zaragoza) (inédito).

IGME (1981).- Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario de Pamplona-Zaragoza (inédito).

IGME (1981).- Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario del sector de Benabarre-Igualada (inédito).

IGME (1985).- Prospección previa de lignitos en el área de Pinós-Molsosa (Lérida-Barcelona) (inédito).

IGME (1986).- Prospección previa de lignitos en el área de Bages-Moianes (Barcelona) (inédito).

IGME (1987).- Síntesis Geológico-Minera de los carbones del noreste peninsular (inédito).

- J.E.N. (1977).- Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- J.E.N. (1977).- Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferas de la zona de Solsona-Olot (inédito).
- J.E.N. (1979-81).- Estudio estratigráfico y sedimentológico del borde meridional de la Depresión del Ebro entre Alcañiz y Borges Blanques (Provincias de Teruel, Zaragoza, Lérida y Tarragona) (inédito).
- LLAMAS, R. (1962).- Estudio geológico-geotécnico de los terrenos yesíferos de la cuenca del Ebro y los problemas que plantean en los canales. *Bol. Serv. Geol. Obras Públicas*, 12, 192 pp.
- MANDADO, J. (1987).- *Litofacies yesíferas del Sector Aragonés de la Cuenca Terciaria del Ebro. Petrogénesis y Geoquímica*. Tesis Doctoral. Univ. de Zaragoza. 442 p.
- MEIN, P. (1975).- Report on Activity. *RCMNS Working group*. Bratislava, pp. 78-81.
- NICHOLS, G. J. (1984).- *Thrust tectonics and alluvial sedimentation, Aragon, Spain*. Tesis Doctoral, Univ. Cambridge, 243 p. (Inédita).
- PEÑA, J. L. (1983).- La Conca de Tremp y Sierras Prepirenaicas comprendidas entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana. Estudio Geomorfológico. *Instituto de Estudios Ilerdienses*. Lleida, 373 p.
- PEÑA, J. L. y SANCHO, C. (1988).- Correlación y evolución cuaternaria del sistema fluvial Segre-Cinca en su curso bajo (prov. de Lérida y Huesca). *Cuaternario y Geomorfología*, v. 2(1-4), pp. 77-83.
- PÉREZ, A., MUÑOZ, A., PARDO, G., VILLENA, J y ARENAS, C. (1988).- Las unidades tectosedimentarias del Neógeno del borde Ibérico de la Depresión del Ebro (sector central). En: A. Pérez, A. Muñoz y J.A. Sanchez (eds.), *Sistemas lacustres neógenos del margen ibérico de la Cuenca del Ebro, Guía de Campo. III Reunión Grupo Especial de Trabajo, PICG 219*, pp. 7-20.
- PÉREZ, A., MUÑOZ, A., PARDO, G. y VILLENA, J. (1989).- Evolución de los sistemas lacustres del margen ibérico de la Depresión del Ebro (sectores central y occidental) durante el Mioceno. *Acta Geológica Hispánica*, v. 24 nº 3-4, pp. 243-257.
- PUIGDEFABREGAS, C., MUÑOZ, J. A. y MARZO, M. (1986).- Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequence in the southern foreland basins. En: P.H. Allen y P. Homewood (eds.), *Foreland basins. Spec. Pub., Int. Ass. Sedim.* 8, pp. 319-336.
- QUIRANTES, J. (1969).- Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros. Tesis Doctoral. Univ. de Granada. Publicada en 1978 por: *Institución "Fernando El Católico" (CSIC). Diputación Provincial de Zaragoza*, 200 p.

RIBA, O. (1955).- El Terciario continental de la Rioja alta y de la Bureba. Informe nº 97, CIEPSA (inédito).

RIBA, O. (1961).- Geological Report on the Continental Tertiary of the Western Ebro Basin and Neighbouring Basins. Report CV-131, CIEPSA (inédito).

RIBA, O. (1967).- Resultado de un estudio sobre el Terciario continental de la parte este de la depresión central catalana. *Acta Geológica Hispánica*, 1 pp. 1-6.

RIBA, O. (1976).- Tectogenèse et sédimentation: deux modèles de discordances syntectoniques pyrénéennes. *Bulletin du B.R.G.M.* (2ª Serie). Section 1, nº 4. pp. 383-401.

RIBA, O., REGUANT, S. y VILLENA, J. (1983).- Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca del Ebro. *Libro Jubilar J.Mª Ríos. Geología de España*, IGME, T. 2, pp. 131-159.

RODRIGUEZ VIDAL, J. (1982).- Geomorfología de las Sierras Exteriores Oscenses y su piedemonte. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza. *Colección de Estudios Altoaragoneses*, 4, 172 p.

RODRIGUEZ VIDAL, J. (1986).- Deformaciones recientes en los depósitos cuaternarios de la Puebla de Alfindén (Zaragoza). *Boletín Geológico y Minero*, T. XCVII-I, pp 3-8.

SIMÓN, J. L. y PARICIO, J. (1988).- Sobre la compresión neógena en la Cordillera Ibérica. *Estudios Geológicos*, 44, pp. 271-283.

SIMÓN, J. L. (1989).- Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin (Spain). *Journal of Structural Geology*, vol. 11., nº 3, pp. 285-294.

ZUIDAM, R. A. VAN (1976).- Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain. *Int. Inst. of Aerial Survey and Earth Sc. (ITC)*, Enschede, 211 p.

ZUIDAM, R. A. VAN; ZUIDAM-CANCELADO, F. I. VAN y DONKER, N. M. W. (1975).- Geomorfología de la gravera Zamoray (Garrapinillos-Zaragoza). *Acta Geológica Hispánica*. Barcelona.