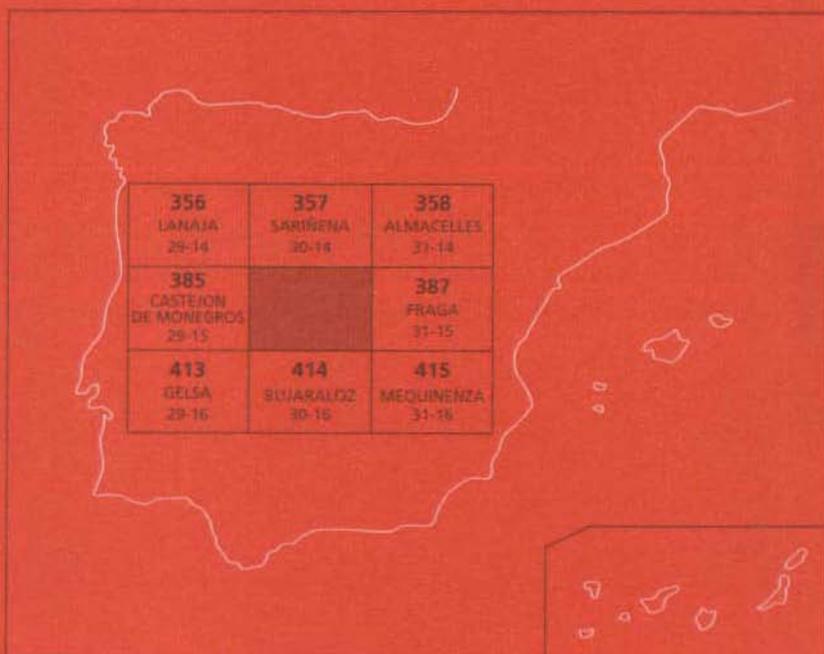




## MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie · Primera edición



# PEÑALBA

# MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA

# PEÑALBA

© INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M-2.670-1998

ISBN: 84-7840-327-2

NIPO: 241-96-007-6

Fotocomposición: Rugoma, S.A.

Impresión: Máster Gráfico

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Peñalba (386) han sido realizados, durante 1990 y 1991 por la Compañía General de Sondeos S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

**Mapa Geológico:** J.I. Ramírez y J. Solà (CGS)

**Mapa Geomorfológico:** J.I. Ramírez (CGS)

**Memoria\*:**

Estratigrafía: J. Solà y J.I. Ramírez (CGS)

Geomorfología: J.I. Ramírez (CGS)

Tectónica: J.I. Ramírez y J.J. Navarro (CGS)

Neotectónica: L. Arlegui, C. Liesa (Univ. Zaragoza) y J.J. Navarro (CGS)

Hidrogeología: R. Rodríguez (CGS)

Geología Económica: A. García (CGS)

Geotecnia: A. Hernández (CGS)

Han colaborado en aspectos parciales:

Asesoramiento regional: LL. Cabrera (Univ. Barcelona)

Sedimentología de laboratorio: A. del Olmo (CGS)

Informe sedimentológico: J. Solà y J.M. Costa (CGS)

Micropaleontología: J. Ramírez del Pozo

Micromamíferos: G. Cuenca (Univ. Zaragoza)

Mineralogía de arcillas: M. Pozo (UAM) y J. Casas (CSIC)

**Dirección del Estudio:** A. Barnolas y A. Robador (ITGE)

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

\* Modificada y puesta al día por A. Robador y A. Barnolas (ITGE)

# I N D I C E

	<i>Páginas</i>
0. INTRODUCCION .....	9
1. ESTRATIGRAFIA .....	11
1.1. Terciario .....	12
1.1.1. Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca .....	12
1.1.1.1. Arcillas, limolitas y areniscas (1). (Chattiense-Ageniense) .....	16
1.1.1.2. Calizas limosas, margas y limos (2). (Chattiense-Ageniense).....	18
1.1.2. Unidad Galocha-Ontiñena .....	20
1.1.2.1. Areniscas, limos y arcillas amarillentas y rojizas (3). (Ageniense).....	20
1.1.2.2. Calizas, margas y arcillas (4). (Ageniense) .....	23
1.1.3. Unidad de Bujaraloz-Sariñena.....	24
1.1.3.1. Areniscas, en ocasiones en bancos potentes, arcillas y limos ocreos y rojos (5). (Ageniense-Aragoniense) .....	25
1.1.3.2. Calizas en bancos y margas con intercalaciones arcillosas (6). (Ageniense-Aragoniense).....	27
1.1.3.3. Margas, capas calizas y yeso nodular (7). (Ageniense-Aragoniense) .....	29
1.1.3.4. Yesos nodulares y tabulares con margas (8). (Ageniense-Aragoniense) .....	29
1.1.4. Unidad Remolinos-Lanaja .....	29
1.1.4.1. Margas, arcillas y calizas (9). (Aragoniense) .....	30
1.1.4.2. Margas con yeso nodular y capas calizas (10). (Aragoniense). .....	32
1.1.4.3. Calizas en bancos con intercalaciones de margas y arcillas (11). (Aragoniense).....	33

1.1.5. Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora .....	34
1.1.5.1. Arcillas versicolores, margas y capas calizas (12). (Aragoniense) .....	34
1.2. Cuaternario .....	34
1.2.1. Carbonatos (13). Costras calcáreas. Pleistoceno inferior .....	34
1.2.2. Gravas bien redondeadas con costras calcáreas (14). Depósitos del Pie- demonte Pirenaico. Pleistoceno inferior .....	36
1.2.3. Cantos y gravas con costras calcáreas (15). Cantos y gravas con matriz arcillo-arenosa (16, 18). Glacis. Pleistoceno .....	36
1.2.4. Gravas en matriz-arcillosa (17 y 19). Terrazas. Pleistoceno .....	37
1.2.5. Arcillas, arenas y gravas (20). Llanura de inundación. Holoceno .....	37
1.2.6. Cantos con matriz limo-arcillosa (21). Coluviones Holoceno .....	37
1.2.7. Arcillas y limos (22). Zonas endorreicas. Holoceno .....	39
1.2.8. Limos y arcillas con cantos (23). Depósitos aluvial-coluvial. Gravas y cantos con matriz limo-arcillosa (24). Glacis subactual. Cantos con matriz limo-arcillosa (25). Conos de Deyección. Holoceno .....	39
1.2.9. Arcillas y limos con cantos (26). Aluviales y fondos de vale. Holoceno..	39
2. TECTONICA .....	40
2.1. Marco tectónico regional .....	40
2.2. Descripción de la estructura .....	41
2.3. Evolución tectónica .....	41
2.4. Neotectónica .....	42
3. GEOMORFOLOGIA .....	43
3.1. Descripción fisiográfica .....	43
3.2. Análisis geomorfológico .....	44
3.2.1. Estudio morfoestructural .....	44
3.2.2. Estudio del modelado .....	44
3.2.2.1. Laderas .....	44
3.2.2.2. Formas fluviales .....	45
3.2.2.3. Formas lacustres .....	46
3.2.2.4. Formas kársticas .....	46
3.2.2.5. Formas poligénicas .....	46
3.3. Formaciones superficiales .....	47
3.4. Evolución dinámica .....	47
3.5. Morfología actual y subactual .....	48
4. HISTORIA GEOLOGICA .....	49
5. GEOLOGIA ECONOMICA .....	51
5.1. Recurso minerales .....	51
5.1.1. Minerales no metálicos .....	51
5.1.2. Minerales energéticos .....	51
5.1.3. Rocas industriales .....	51

	<i>Páginas</i>
5.2. Hidrogeología .....	54
5.2.1. Climatología .....	56
5.2.2. Hidrología .....	56
5.2.3. Características hidrogeológicas .....	58
5.2.3.1. Acuíferos terciarios .....	58
5.2.3.1.1. Areniscas de la U. Bujaraloz-Sariñena (5) .....	58
5.2.3.1.2. Materiales carbonatado-evaporíticos de la U. Remolinos-Lanaja (10-11).....	58
5.2.3.2. Acuíferos cuaternarios .....	58
5.2.3.2.1. Aluvial del río Alcanadre .....	58
5.2.3.2.2. Otros depósitos cuaternarios.....	59
5.2.4. Hidrogeoquímica .....	59
5.3. Características geotécnicas generales .....	59
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO. (PIG) ..	62
7. BIBLIOGRAFIA.....	63

## 0. INTRODUCCION

La Hoja de Peñalba se halla situada en el sector central de la Depresión del Ebro, entre las ciudades de Lleida y Zaragoza. En su mayor parte pertenece administrativamente a la provincia de Huesca, a excepción del extremo suroccidental que pertenece a Zaragoza.

Las altitudes que presenta la hoja varían entre los 150 m en el vértice noreste, en el cauce del río Alcanadre, y los 595 m, culminación de la Sierra de Ontiñena. La altitud media del resto de la hoja se puede estimar entre los 300 y 400 m.

La mitad occidental de la hoja es drenada por una red de "vales" (nombre local que reciben los valles de fondo plano) o cursos de agua esporádicos y estacionales. Estos acaban convergiendo en el Valle de Antón, en las inmediaciones de Peñalba, para desembocar en el Ebro en la hoja lindante por el sur, hoja de Bujaraloz. El resto de la hoja es drenada por un gran número de barrancos que conducen sus aguas a los ríos Alcanadre (al norte) y Cinca (al este) en las hojas de Sariñena y Fraga respectivamente.

El clima es continental con importantes oscilaciones térmicas anuales. Las precipitaciones son de tipo torrencial, escasas y de carácter estacional. En invierno las nieblas son frecuentes, mientras que en verano los días son muy despejados.

Las condiciones climáticas y las litologías aflorantes son los dos grandes condicionantes del uso del suelo. Debido a la escasez de vegetación, las zonas donde afloran materiales terciarios han sido usadas como terreno de pasto para el ganado ovino, muy abundante en la zona.

Las zonas donde existen depósitos cuaternarios ("vales" y glaciares) han sido destinadas a cultivo de secano, fundamentalmente cereales. Actualmente, y debido a la prolongación del Canal de Monegros al sur del Túnel de Alcubierre, se están reconvirtiendo en cultivos de regadío gran parte de los cultivos de secano que ocupan los "vales" que drenan hacia Peñalba.

La densidad de población es baja, y tan sólo existen cuatro núcleos de población en toda la hoja. La población que da nombre a la hoja, Peñalba, y las localidades de Candasnos, Valfarta y Bujaraloz. Esta última población comparte su superficie con la hoja lindante por el sur a la cual da nombre.

Los materiales estudiados tienen una edad comprendida entre el tránsito Oligoceno-Mioceno y el Mioceno medio. La distribución de facies que presentan sigue la disposición general de la cuenca miocena: así en los sectores norte y este afloran varias alternancias de materiales detríticos y margo-carbonatados; en el cuadrante suroccidental aparecen, progresivamente, yesos nodulares que en el extremo suroeste, entre Valfarta y Bujaraloz, tienen características de yeso tabular.

Debido a esta distribución de facies se desarrolla en la hoja un relieve modelado en cuevas, con superficies estructurales soportadas por los niveles calizos. En el sector occidental esta disposición está disectada por la red fluvial, mientras que en la franja de orientación N-S que une Ontiñena y Candasnos existe un dominio de depósitos de tipo glacis procedentes de las últimas estribaciones de la Sierra de Alcubierre (Sierra de Ontiñena).

Se observan varias estructuras tectónicas que afectan a estos materiales miocenos. Al sur del Pico Sigena existe un sinclinal muy laxo de orientación N 140 E. Poco más al sur se encuentra un anticlinal con la misma dirección que pasa por el centro de la hoja y que, en su parte noroeste está fallado según dos fracturas normales que hunden su charnela. Estas fracturas tienen un salto máximo de unos 10 a 15 m, formando una fosa tectónica de más de 500 m de anchura y unos 5 km de longitud en la zona del Valle del Junco al sur del sondeo Ebro-2.

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. (1977a,b) para la mitad septentrional de los sectores central y oriental de la Cuenca, los del IGME (1975, 1985) en las cuencas lignitíferas de Calaf y Mequinenza, el de la J.E.N. (1979-81) para el sector sur-oriental. Trabajos posteriores IGME (1981a,b) 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: ANADON *et al.* (1987), AZANZA *et al.* (1988), AGUSTI *et al.* (1988), ALVAREZ-SIERRA *et al.* (1990), CUENCA *et al.* (1989) y CUENCA (1991 a y b).

Para el estudio geológico de la hoja de Peñalba se han levantado un total de cinco columnas estratigráficas que han respaldado la realización de la cartografía geológica. Se han realizado, además, los estudios habituales de sedimentología, tectónica y geomorfología. Se ha procedido, también, a un exhaustivo muestreo de las facies más favorables para localizar micromamíferos que permitan datar las unidades cartografiadas.

## 1. ESTRATIGRAFIA

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

En la hoja existen tres dominios litológicos que están constituidos por: (1) alternancia de tramos detríticos y tramos calizos, en el sector noreste, (2) alternancia de tramos calcáreos y tramos margo-arcillosos, en el sector central, y (3) alternancia de margas, con intercalaciones de yeso nodular y de yeso en capas tabulares, con capas de espesor decimétrico de calizas, que se hallan representadas en el sector suroccidental.

De esta forma, en la zona existe una evolución de facies, continua y gradual, que se realiza desde la parte nororiental -donde se encuentran las facies más proximales- hasta la parte suroccidental de la hoja, donde afloran las facies yesíferas que corresponden a las facies más distales.

El sistema deposicional aluvial que ha proporcionado los sedimentos terrígenos presentes en la hoja es el Sistema de Huesca (HIRST y NICHOLS, 1986).

En la zona norte y noreste de la hoja, en el sector lindante con Sariñena y con el río Alcanadre, se observa con claridad la interdigitación de los ambientes deposicionales de abanico aluvial distal y lacustre-palustre. Esta interdigitación permite observar una ordenación vertical rítmica para los sedimentos de este sector. Cada uno de estos ritmos está constituido por sedimentos aluviales distales en la base y por sedimentos de ambientes lacustre-palustres a techo. El límite inferior de cada ritmo es un cambio rápido de facies, mientras que el tránsito de los sedimentos aluviales basales a los superiores lacustres dentro del propio ritmo, se produce de forma gradual.

En la hoja de Peñalba se han reconocido cinco de estos ritmos, que se han denominado "unidades genético-sedimentarias". Estas unidades se extienden a lo largo de decenas de kilómetros en áreas próximas y presentan espesores que oscilan entre las varias decenas a más de un centenar de metros. La correlación de los límites de estas unidades hacia el oeste y suroeste ha permitido diferenciarlas tanto en los sectores más cercanos a los bordes de la cuenca, donde existe un predominio de facies detríticas, como en las áreas de centro de cuenca, dominadas por depósitos lacustres carbonáticos y salinos.

Desde este punto de vista, se han diferenciado en el sector central de la Cuenca del Ebro un total de veinte unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendida entre el Priaboniense superior y el Aragoniense-Vallesiense, de las cuales sólo cinco llegan a aflo-

rar en la hoja de Peñalba con una edad comprendida entre el Oligoceno superior y el Aragoniense. Estas unidades reciben, de base a techo, los nombres de: Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, Unidad Galocha-Ontiñena, Unidad Bujaraloz-Sariñena, Unidad Remolinos-Lanaja y Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora.

De la unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca afloran únicamente los tramos superiores, mientras que de la unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora sólo aflora la parte basal. Las unidades de Galocha-Ontiñena, Bujaraloz-Sariñena y Remolinos-Lanaja son las que afloran en un área más extensa y en las que existe una gama más amplia de facies, siendo en la unidad de Bujaraloz-Sariñena en la que se observa mejor la evolución desde las facies más proximales hasta las más distales.

La totalidad de los materiales que conforman estas unidades son equivalentes a parte de la Fm. Zaragoza (Yesos de Retuerta), Fm. Alcubierre (Calizas de Cardiel y Calizas de Peñalba pertenecientes al Mb. Bujaraloz y Calizas de Sigena, del Mb. Castejón) y Fm. Mequinenza (Mb. Los Arcos), todas ellas definidas por QUIRANTES (1978), (ver Figura 1).

En la figura 2 se puede apreciar la evolución espacial y temporal de estas unidades en el sector de Los Monegros, mientras que en la figura 3 se observa el ensayo de correlación entre dichas unidades genético-sedimentarias y las unidades tecto-sedimentarias definidas por PEREZ *et. al.* (1988) y ARENAS Y PARDO (1991).

En la hoja se dispone de datos de dos sondeos de investigación petrolífera: Ebro 2 y Candasnos 1. El sondeo Ebro 2 se localiza en la zona del Rincón, y el dato más importante que proporciona es la profundidad a que se halla la base del Terciario, 1100 m. La descripción litológica es muy vaga, aunque se puede distinguir el contacto entre la parte detrítica y la carbonatada de la U. de Bujaraloz-Sariñena a unos 100 m de profundidad.

En el ámbito de la hoja de Peñalba alcanzan gran desarrollo las formaciones cuaternarias, principalmente en su mitad este, donde tienen una amplia representación superficial diversos niveles de glaciación y los depósitos asociados al piedemonte pirenaico. En el resto de la hoja son los depósitos de fondo de valle y coluviones los mejor representados, así como pequeños retazos de terrazas ligadas al Valle de Antón y Río Alcanadre.

## 1.1. Terciario

### 1.1.1. Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca

Esta unidad ha sido caracterizada en sus facies proximales de carácter detrítico en la zona de Alcolea de Cinca, en la hoja de Sariñena, mientras que sus facies de centro de cuenca se han definido en Torrente de Cinca, en la hoja de Mequinenza.

Se trata de una unidad detrítica que incluye progresivamente niveles carbonáticos (deposicionados en condiciones lacustre-palustres) hacia techo.

EDAD			UNIDADES GENETICO SEDIMENTARIAS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS Quirantes, 1969	DESCRIPCION DE LAS LITOLOGIAS HOJA DE CASTEJON DE LOS MONEGROS	YACIMIENTOS PALEONTOLOG.		
SERIE	PISO	U. MEIN						
O.	Ch.	ARAGONIENSE	MN-5	U. SIERRA DE PALLARUELO-MONTE DE LA SORA	FM. ALCUBIERE MB. BUJARALUZ C. PEÑALBA C. CARDIEL FM. MEQUINENZA MB. LOS ARCOS	MB. CASTEJON C. SIGENA	12. Arcillas versicolores, margas y capas calizas.	- Puig Ladrón - Monegrillo (1)
			MN-4a	U. REMOLINOS-LANAJA			11. Calizas en bancos con intercalaciones de margas y arcillas. 10. Margas con yeso nodular y capas calizas. 9. Margas, arcillas y calizas.	
			MN-3b	U. BUJARALUZ-SARIÑENA			8. Yesos, nodulares y tabulares con margas. 7. Margas, capas calizas y yeso nodular. 6. Calizas en bancos y margas con intercalaciones arcillosas. 5. Areniscas, en ocasiones en bancos potentes, arcillas y limos ocre y rojos	
	MN-3a	U. GALOCHA - ONTIÑENA	4. Calizas, margas y arcillas. 3. Areniscas, limos y arcillas amarillentas y rojizas.					
	MN-2b							
	MN-2a	U. TORRENTE DE CINCA-ALCOLEA DE CINCA	2. Arcillas versicolores, limos y calizas. 1. Arcillas rojas y yesos nodulares.	- Peñalba - Campos del Abuelo (1) - Ontiñena 1				

**Fig. 1. Cuadro sintético de los materiales miocenos de la Hoja de Peñalba (1) Azanza, com. pers**



EDAD		BIOZONAS MEIN	UTS. PEREZ et al (1988)	UNIDADES MAGNA-EBRO	YACIMIENTOS MICROMAMIFEROS ESTUDIADOS EN EL MAGNA EBRO	OTROS YACIMIENTOS DE MAMIFEROS CUENCA DEL EBRO		
MIOCENO	VALLESIENSE	MN-10 MN-9	N3	U. SAN CAPRASIO				
	ARAGONIENSE	SUP.	MN-8 MN-7 MN-6	N2		U. SIERRA DE LANAJA-MONTES DE CASTEJON	Puig Ladrón	- Monegrillo (1)
		MED.	MN-5			U. SIERRA DE PALLA RUELO-MONTE DE LA SORA U. REMOLINOS-LANAJA	Casero 1	
			MN-4b MN-4a				Santa Quiteria	
	INF.	MN-3b MN-3a	N1	U. BUJARALAZ-SARIÑENA		Marga 3		
		MN-2b		U. GALOCHA-ONTIÑENA U. TORRENTE DE CINCA-ALCOLEA DE CINCA		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peñalba</li> <li>- Campos del Abuelo</li> </ul>		
	AGENIENSE	MN-2a MN-1	T4			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chalamera 1</li> <li>- Ontiñena 1</li> <li>- Clara 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tudela 1, 2 (4)</li> <li>- Paridera del Cura (2)</li> <li>- Mas de Santiaguét (2)</li> <li>- Galocha 1,3</li> <li>- San Juan</li> <li>- Autol, Santa Cilia (3)</li> </ul>	

Fig. 3. Ensayo de correlación de las unidades genético-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) PEREZ et al. (1989)

En la hoja de Peñalba su área de afloramiento se reduce al extremo nororiental, en las zonas de Boquero de Lobo y Abejares, en el margen sur del río Alcanadre.

La base de esta unidad no aflora en el ámbito de la hoja, mientras que el contacto con la unidad superior, U. de Galocha-Ontiñena, es un límite de unidad genético-sedimentaria. Los criterios que han permitido su diferenciación han sido de carácter sedimentológico (cambio brusco entre facies aluviales distales y proximales). Un esquema de distribución de facies de esta unidad en la zona central de la cuenca se recoge en la figura 4.

En la parte baja de la unidad se distinguen canales de areniscas con yeso detrítico entre niveles arcillosos y algunas delgadas capas de calizas. En la parte superior dominan las capas calizas en bancos, que alcanzan hasta 100-150 cm, con intercalaciones de carácter margoso.

En la cartografía geológica se han diferenciado dos unidades cartográficas, como componentes de la Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca: unidad inferior (1) compuesta mayoritariamente por arcillas y areniscas y unidad superior (2) en la que dominan las calizas y margas.

La totalidad de esta unidad forma parte del Mb. Los Arcos y Mb. Bujaraloz de QUIRANTES (1978). Además incluiría la Unidad de Calizas de Torrente de Cinca y la parte superior de la Unidad Lutitas de la Cuesta de Fraga (CABRERA, 1983).

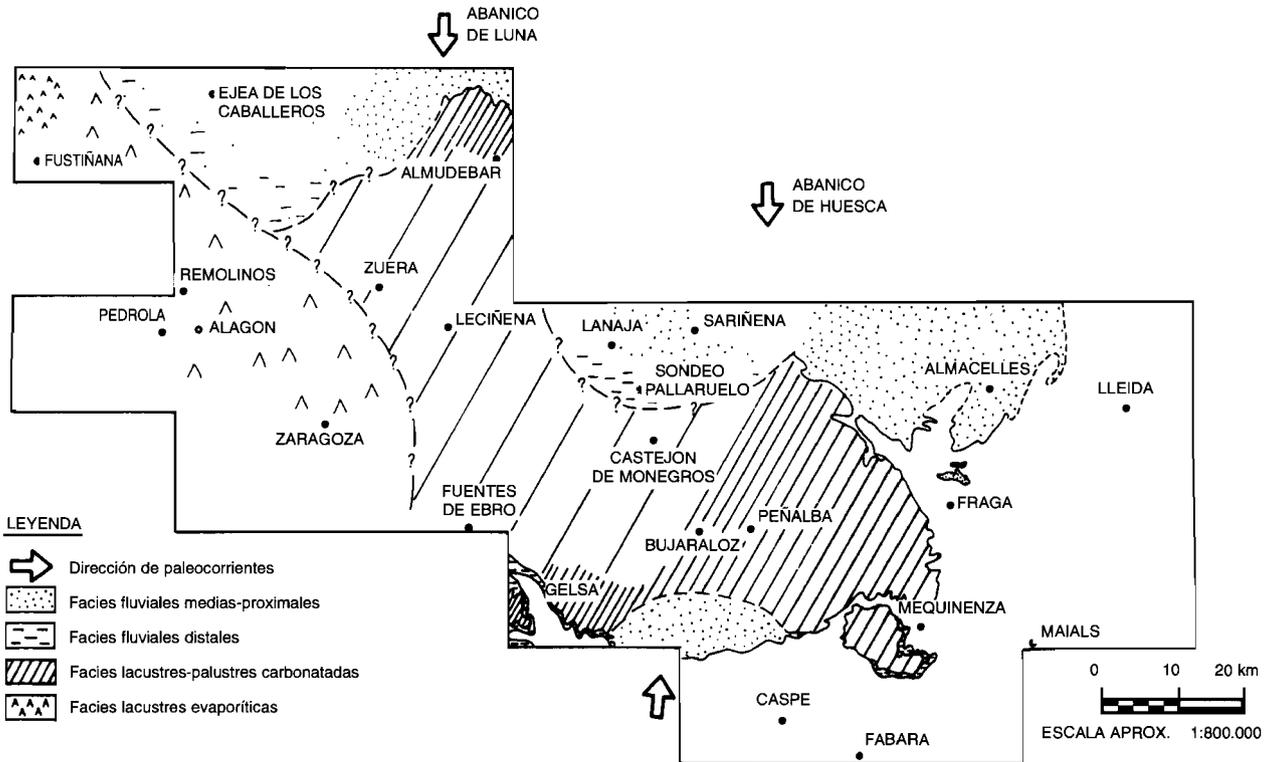
#### 1.1.1.1. *Arcillas, limolitas y areniscas (1). (Chattiense-Ageniense)*

Esta asociación de facies incluye los niveles estratigráficamente más bajos que afloran en la hoja, y su área de afloramiento se reduce a los taludes que limitan por el sur con el río Alcanadre, en el vértice noreste de la hoja.

El estudio detallado de esta asociación de facies se ha realizado en las cercanías de los Abejares, casi en el límite con la hoja de Fraga, donde se ha reconocido una potencia de unos 50 m. La litología dominante es arcillosa con algunos niveles limolíticos y paleocanales de arenisca. Los niveles arcillosos tienen potencias variables que llegan a los 7 m. Son arcillas rojas, ocasionalmente pardas y ocreas, con nódulos de yeso dispersos. Estos niveles hacia techo, y por debajo de las capas de limolitas margosas, pueden tener un carácter lignitoso debido a la presencia de gran cantidad de materia orgánica vegetal en el sedimento.

Los paleocanales son arenosos con yeso detrítico y su potencia oscila entre los 40 y 200 cm. Las estructuras sedimentarias que pueden observarse en su interior son laminación cruzada planar o bien laminación cruzada en surco. Sus bases erosivas están encajadas y sus techos pueden presentar trenes de *ripples* de corriente.

Los niveles de limolitas margosas y calizas limosas pueden llegar a tener un metro de potencia y sus interestratos son margosos. En general la bioturbación es importante aunque pueden observarse estructuras tractivas de tipo *ripple*. En las calizas ocasionalmente aparecen restos carbonosos y fragmentos de gasterópodos.



De las características observadas se deduce que estos sedimentos pueden corresponder a depósitos de partes distales de una red aluvial distributiva, en concreto a llanuras aluviales con desarrollo de paleosuelos y niveles carbonatados en zonas de inundación encharcadas (ver figura 5-b).

Dentro de la hoja no ha sido posible determinar directamente la edad de esta unidad con restos de micromamíferos, pero se le atribuye una edad Chattiense-Ageniense (Oligoceno superior-Mioceno inferior) en base a los datos que aportan AGUSTI *et al.* (1988). Estos autores datan la parte inferior de esta unidad en la hoja de Fraga (yacimientos de Fraga 11 y Ballobar 12) como techo del Chattiense. La edad de la parte superior puede ser ya miocena, según los datos aportados por CUENCA (1991b) que identifica restos de micromamíferos correspondientes a la zona MN-1 de MEIN en el yacimiento de Ontiñena situado en los niveles superiores de esta unidad en la vecina hoja de Sariñena (357).

#### 1.1.1.2. Calizas limosas, margas y limos (2). (Chattiense-Ageniense)

Esta asociación de facies forma el nivel cartográfico que culmina la Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca. Aflora, al igual que la unidad (1), únicamente en el extremo noreste de la hoja.

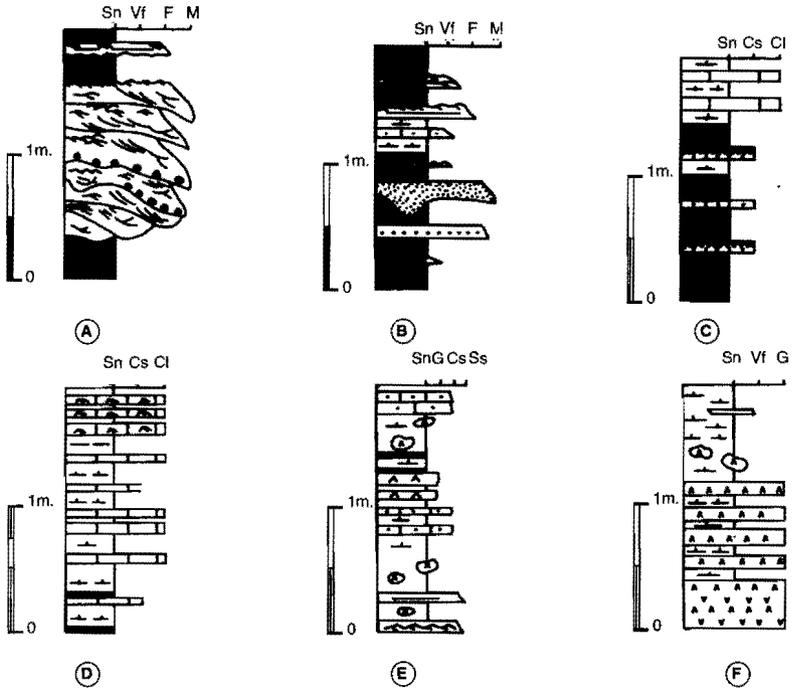
El reconocimiento detallado de sus materiales se ha realizado en la zona de Abejares. La litología de esta unidad cartográfica, que puede alcanzar unos 25 m de espesor, es básicamente margosa y carbonatada con algún nivel limoso y arenoso.

De base a techo existe una variación en el dominio litológico, aunque debido a la pequeña extensión de la unidad ésta no puede ser reflejada en la cartografía. La parte inferior está constituida por niveles formados por varias capas de caliza arenosa/limosa. Las capas que se encuentran hacia techo de los niveles son más delgadas y pueden tener estructuras tractivas de tipo *ripple*, mientras que el techo de cada nivel suele estar bioturbado. Estos niveles calizos se encuentran interestratificados entre niveles de margas grises que pueden tener una potencia de hasta 2 m. En la parte superior de los niveles margosos puede haber delgadas pasadas negruzcas lignitosas.

La parte superior de esta unidad cartográfica contiene mayor número de capas calizas, con algunas costras ferruginosas hacia la parte inferior. Las calizas son arenosas; de color gris-beige y con un espesor que oscila entre los 5 y 30 cm. Estas calizas suelen presentar estructuras tractivas de tipo *ripple* y laminación cruzada planar de bajo ángulo. Algunas tienen el techo y la base ondulados de forma irregular, y en general las capas que marcan el techo de los bancos están bioturbadas en mayor grado. Estas capas calizas también pueden tener algún nivel con presencia de nódulos de sílex (ver figura 5-c) en los ciclos de facies lacustre-palustres.

Los interestratos son predominantemente margosos de color gris con niveles de mayor concentración de materia orgánica y algunos gasterópodos.

Niveles estratigráficamente equivalentes a la parte más alta de esta unidad ha sido datados en la hoja de Sariñena (yacimiento de Ontiñena) (CUENCA 1991 a) con restos de microma-



- A- Facies de relleno de paleocanales de ríos meandríformes, barras de meandro
- B- Facies de llanura de inundación
- C- Ciclos de facies palustres
- D- Ciclo de facies lacustre de las unidades galocha, zuera y rosol
- E- Ciclos de facies de margen de lago salino
- F- Ciclos de facies de lago salino

**LEYENDA**

	} Areniscas		Yesos nodulares		Laminación paralela
			Estratificación cruzada en surco		Estratificación <u>wavy</u>
	Calizas		Estratificación cruzada planar		Estratificación <u>linsen</u>
	Calcsilititas		Ripples de corriente		Marcas de raíces
	Pelitas		Ripples ascendentes		Nódulos de sílex
	Margas		Ripples de oscilación		Cantos blandos

**Fig. 5. Ciclos de facies representativos de los ambientes deposicionales que se desarrollan en la hoja de Peñalba (30-15).**

míferos como Ageniense (Biozona 1 de MEIN, 1975). Además según AGUSTI *et. al.* (1988) las asociaciones de micromamíferos encontradas en niveles equivalentes en la hoja de Fraga indican una edad oligocénica superior (Chattienense) para la parte inferior de esta unidad (última biozona del Oligoceno, o biozona de *Rhodanomys transiens*), y posiblemente Mioceno inferior para su parte superior (biozona *Rh. schlosseri*).

### 1.1.2. Unidad Galocha-Ontiñena

Esta unidad genético-sedimentaria aflora, y es reconocible en gran parte del sector centro-septentrional de la cuenca del Ebro. Se han caracterizado sus facies detríticas proximales en la serie de La Galocha, situada en la hoja de Huesca, mientras que sus facies lacustre-carbonatadas de centro de cuenca tienen una buena representación, al sur de Ontiñena, en el cuadrante noreste de esta misma hoja. La figura 6 representa esquemáticamente la distribución de facies de la misma en el sector central de la Cuenca del Ebro.

Dentro de esta hoja, a grandes rasgos, puede decirse que la parte inferior de la unidad se halla representada en facies distales de abanico aluvial, y la parte superior en facies lacustre-palustres. Más al oeste, en áreas más próximas al centro de la cuenca, se halla representada sólo en facies de arcillas rojas y yeso nodular.

En el ámbito de la hoja de Peñalba, esta unidad se reconoce en todo el tercio oriental hasta las inmediaciones de Candanosos.

Los límites de techo y muro de la unidad representan bruscos cambios de facies respecto a los términos litológicos sub- y suprayacentes.

En la zona este y noreste de la hoja se observa una disminución de base a techo en el contenido de areniscas y arcillas rojas en beneficio de un mayor desarrollo de materiales margosos y carbonatados.

De acuerdo con la evolución y distribución de facies observada en el ámbito de la hoja (además de la distribución a nivel regional) se puede establecer la polaridad proximal-distal del aparato sedimentario que originó estos sedimentos como NE-SO. (Ver Figura 6).

En la hoja de Peñalba esta unidad es equivalente a parte del Mb. Los Arcos de la Fm. Mequinenza y a las Calizas de Cardiel y Calizas de Peñalba pertenecientes al Mb. Bujaraloz de la Fm. Alcubierre, definidos por QUIRANTES (1978). También es equivalente a la Unidad de Lutitas y Calizas del Llano de Cardiel definida informalmente por Cabrera (1983).

#### 1.1.2.1. Areniscas, limos y arcillas amarillentas y rojizas (3). (Ageniense)

Esta asociación de facies aflora en el margen nororiental de la hoja, así como en todo el margen sur hasta las cercanías de Candanosos. Presenta unas características litológicas bastante constantes, a excepción de una ligera disminución en la presencia de términos areniscosos hacia el suroeste.

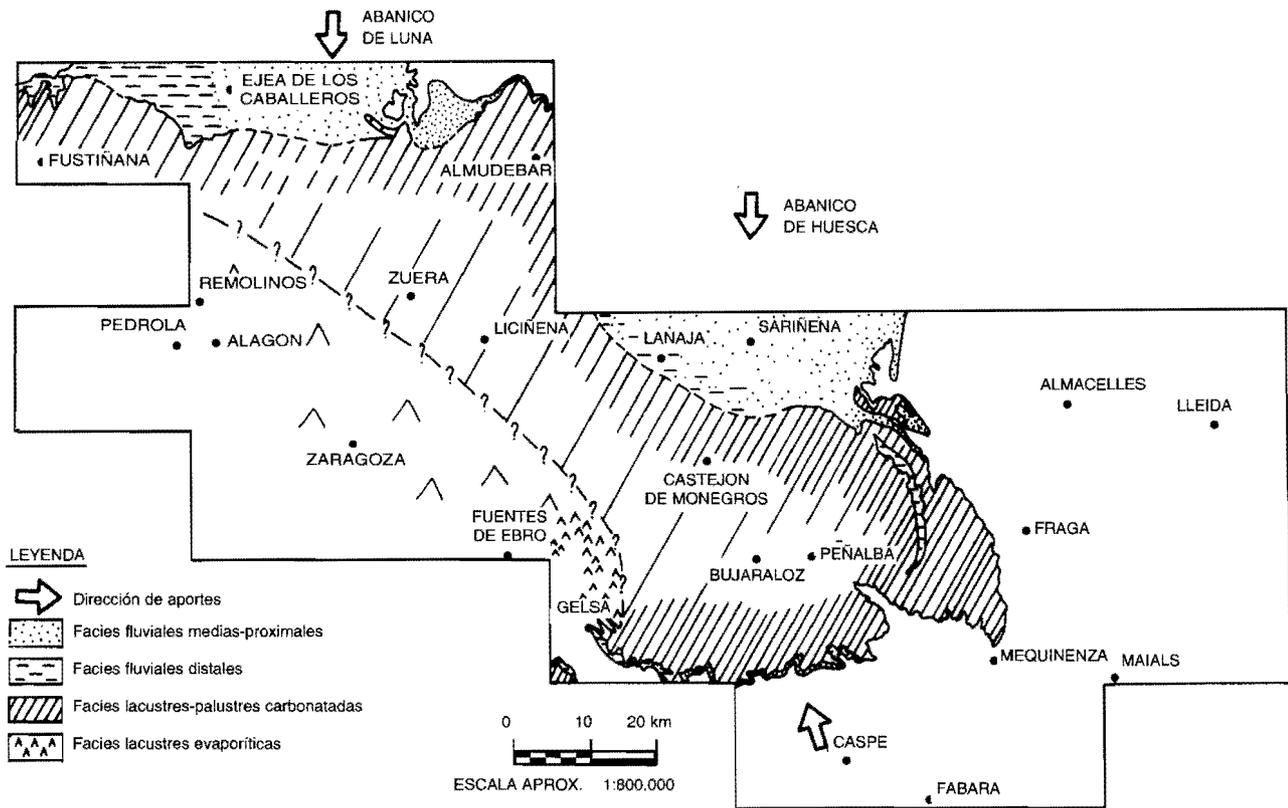


Fig. 6. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Galocha-Ontiñena

Está constituida por arcillas amarillentas y rojizas alternando con limos y paleocanales de arenisca.

La parte inferior de la unidad cartográfica se ha reconocido en detalle en la columna de Ontiñena (05) (42 m), mientras que las partes superiores han sido reconocidas y caracterizadas en numerosas estaciones de campo.

En la cartografía se han diferenciado cuatro niveles distintos como representantes de esta unidad cartográfica. El nivel inferior es el más potente y el que presenta un mayor desarrollo de los paleocanales. El segundo nivel, si bien es importante, presenta menor desarrollo de los paleocanales. En los dos niveles superiores la presencia de areniscas es minoritaria.

La litología dominante es arcillosa. Son arcillas de colores rojos y ocre-amarillentos (ocasionalmente violáceos) en las que pueden observarse algunas laminaciones paralelas cuando no han sido borradas por los procesos paleoedáficos. Estos niveles arcillosos, que pueden llegar a los 3 m de potencia (incluyendo delgados niveles limosos o limo-carbonatados), pueden presentar una decoloración desde la base hasta el techo.

Las areniscas tienen un tamaño de grano que oscila entre fino y fino/medio. Se organizan en bancos de espesores entre 50 y 200 cm con bases erosivas que pueden tener acreciones laterales de tipo *point-bar* o bien laminación cruzada planar y *ripples*. Sus techos están, a menudo, bioturbados. También se encuentran areniscas en capas de aspecto tabular, con grano-clasificación positiva y muchas veces bioturbadas (ver figura 5-a).

Los limos suelen ser carbonatados, con bioturbación y presencia de materia orgánica.

Se ha realizado un estudio de rayos X de dos muestras de arcilla correspondientes a esta unidad y se han distinguido los siguientes minerales de arcilla.

- Illita: 72%
- Clorita: 12-23%
- Esmectita: 2-15%
- Caolinita: 1-3%

Cabe destacar la presencia de caolinita, mineral que no se ha distinguido en las muestras correspondientes a la unidad de Bujaraloz-Sariñena.

En las inmediaciones de Candanos sólo se puede observar el nivel superior de la unidad. Las características que aquí presenta son similares a los del resto de la hoja, salvo por la presencia de algunos nódulos de yeso dispersos entre el sedimento, y algunos niveles de yeso nodular acintado que hacia el sur (hoja de Bujaraloz) van cobrando mayor importancia.

Las calizas suelen ser biomicritas con restos fósiles (pueden llegar al 25%) de caráceas y ostrácodos. Se puede observar porosidad fenestral y móldica.

El yeso es megacristalino con textura alabastrina y restos de anhidrita.

De las características observadas puede deducirse que estos sedimentos probablemente corresponden a depósitos de partes distales de abanico aluvial, y registran una tendencia retrogradacional con una distalización de base a techo. Se trataría de una llanura aluvial con depósitos de canal, de desbordamiento y desarrollo de procesos edáficos en los niveles arcillosos (ver figura 5-b).

Del estudio de muestras para micromamíferos se ha obtenido un resultado negativo. Sin embargo existen dos estudios que recogen muestras del techo del último nivel de esta unidad cartográfica. AZANZA, *et al.* (1988) identifican la especie *Ritteneria manca* en el yacimiento del Barranco de las Foyas. Esta especie caracteriza la biozona Y<sub>2</sub> de ALVAREZ SIERRA *et al.* (1987), que es la primera del Mioceno Inferior y representa la parte alta del Ageniense. CUENCA *et al.* (1989) proporcionan la misma datación para esta unidad, aunque manifiestan la problemática existente para la caracterización bioestratigráfica de los yacimientos de Mas de Santiagué y Corral de Isanta situados en la misma zona.

#### 1.1.2.2. Calizas, margas y arcillas (4). (Ageniense)

Como la unidad cartográfica anterior, ésta aflora en la parte oriental de la hoja y en todo el margen sur hasta el oeste de Peñalba.

Litológicamente está constituida por calizas limosas de color gris-beige, en bancos decimétricos interestratificados con margas grises y rosadas.

La parte inferior de esta unidad se reconoce en la serie de Ontiñena (05) (13 m), mientras que el resto de la unidad se ha reconocido mediante observaciones puntuales.

Dadas las condiciones topográficas de afloramiento, en la zona norte, se ha reconocido y cartografiado como un solo nivel, mientras que hacia el sur, y dentro del conjunto de la unidad genético-sedimentaria de Galocha-Ontiñena, se diferencian distintos niveles alternantes con tramos detríticos correspondientes a la unidad 3.

Las calizas son limosas con espesores que oscilan entre 10 y 30 cm. La estratificación es frecuentemente ondulada y las estructuras internas observadas se reducen a *ripples* de corriente y de oscilación. Estas calizas contienen restos de gasterópodos, de carofitas y materia orgánica en general. La bioturbación está bastante extendida así como las perforaciones por raíces (ver figura 5-c). Hacia el este de Candanos, pueden observarse, intercalados con las calizas algunos niveles decimétricos de yeso micronodular y coloraciones verdosas.

Las margas son grises, con niveles de coloraciones rojizas debidas a procesos edáficos, y en ocasiones con finos niveles lignitosos cerca de la base de algunas capas de calizas. Estos niveles margosos pueden llegar a tener 2 m de espesor, y en ocasiones muestran un cambio de color de tonos rojizos a grises, de base a techo.

Las calizas son biomicritas con restos de caráceas, ostrácodos y algún gasterópodo. Suelen presentar porosidad móldica y fenestral. El yeso, megacristalino y de textura alabastrina, contiene restos de anhidrita.

Del análisis sedimentológico de las facies observadas puede deducirse que estos sedimentos se depositaron en un medio lacustre-palustre que hacia el sureste tiene unas condiciones ligeramente salinas.

La edad de esta unidad es Ageniense según las dataciones realizadas por AZANZA, *et al.* (1988) y CUENCA *et al.* (1989) en el área de Peñalba. En el estudio de levigados se han distinguido las especies *Nitellopsis (Tectochara) meriani* L. y N. GRAMB, y *Rantziella nitida* GRAMB, que junto con la situación estratigráfica confirman esta edad.

### 1.1.3. Unidad de Bujaraloz-Sariñena

Esta unidad genético-sedimentaria tiene una buena representación en todo este sector central de la Depresión del Ebro, observándose en ella una evolución desde las facies detríticas en la hoja de Sariñena hacia las facies lacustres evaporíticas que predominan hacia el oeste de Bujaraloz, en esta misma hoja de Peñalba. La figura 7 es un esquema de la distribución de facies de esta unidad en el sector central de la Cuenca del Ebro.

En la hoja que linda por el norte, Sariñena, la unidad está constituida por facies terrígenas en la base y por sedimentos margo-carbonatados a techo. En la hoja de Peñalba las facies terrígenas de la parte inferior son, progresivamente hacia el suroeste, de grano más fino y menos potentes, quedando reducidas a un nivel arcilloso rojo de entre 15 y 20 m de potencia. La parte superior de la unidad empieza a contener yesos nodulares y, en el extremo sureste, yesos tabulares para estar representada, ya en las hojas de Castejón de Monegros y Bujaraloz, por sedimentos evaporíticos (Fig. 7).

Los límites inferior y superior de la unidad se han representado en la cartografía de manera especial por tratarse de un cambio brusco entre facies distales y proximales.

Esta unidad aflora en el ámbito de toda la hoja a excepción de dos estrechas franjas en los márgenes este y oeste.

En la zona norte, en el límite con la hoja de Sariñena se han distinguido dos unidades cartográficas superpuestas (5) y (6) compuestas por arcillas y areniscas y margas y calizas, respectivamente. Hacia el sur y suroeste estas asociaciones de facies se suceden de forma alterna. Al sur del Barranco del Reguero los niveles terrígenos van adquiriendo un carácter margoso con intercalaciones de yesos nodulares que se agrupan en una nueva unidad (7). El aumento del contenido en yeso, que aparece en bancos tabulares, hacia el suroeste permite distinguir otra asociación de facies (unidad 8) en el extremo suroccidental.

La unidad de Bujaraloz-Sariñena incluye parte de las Calizas de Sigena pertenecientes al Miembro Castejón y de las Calizas de Peñalba y Calizas de Cardiel del Miembro Bujaraloz, todos ellos pertenecientes a la Formación Alcubierre (QUIRANTES, 1978).

En base a la cartografía y al estudio de facies ha podido establecerse la polaridad del sistema sedimentario que depositó los sedimentos de la unidad. El área fuente debía de hallarse

hacia el noreste de la hoja de Peñalba, mientras que el centro de la cuenca, para esta época, se hallaría hacia el oeste (ver Figura 7).

#### 1.1.3.1. *Areniscas, en ocasiones en bancos potentes, arcillas y limos ocre y rojos (5). (Ageniense-Aragoniense)*

Estos materiales afloran en el ámbito de toda la hoja exceptuando dos estrechas franjas en los límites oriental y occidental de la misma.

El reconocimiento detallado de las facies de esta unidad se ha realizado en las columnas del Corral de la Plana (01) (50 m) y del Barranco de Barbuchano (04), donde se han reconocido los 40 metros superiores del presente nivel cartográfico.

Se trata de una unidad compuesta por arcillas rojas con intercalaciones de areniscas, en paleocanales y capas tabulares, y bancos de calizas limosas. Las areniscas son de grano fino y de color pardo-gris. Los paleocanales, que pueden llegar a tener 120 cm de potencia, tienen bases erosivas y suelen presentar acreciones laterales de tipo *point-bar*. El resto de estructuras internas no suelen ser visibles a excepción de la presencia de trenes de *ripples* cerca del techo. El techo de estos paleocanales puede estar bioturbado al igual que las capas tabulares de arenisca (fig. 5-a y 5-b).

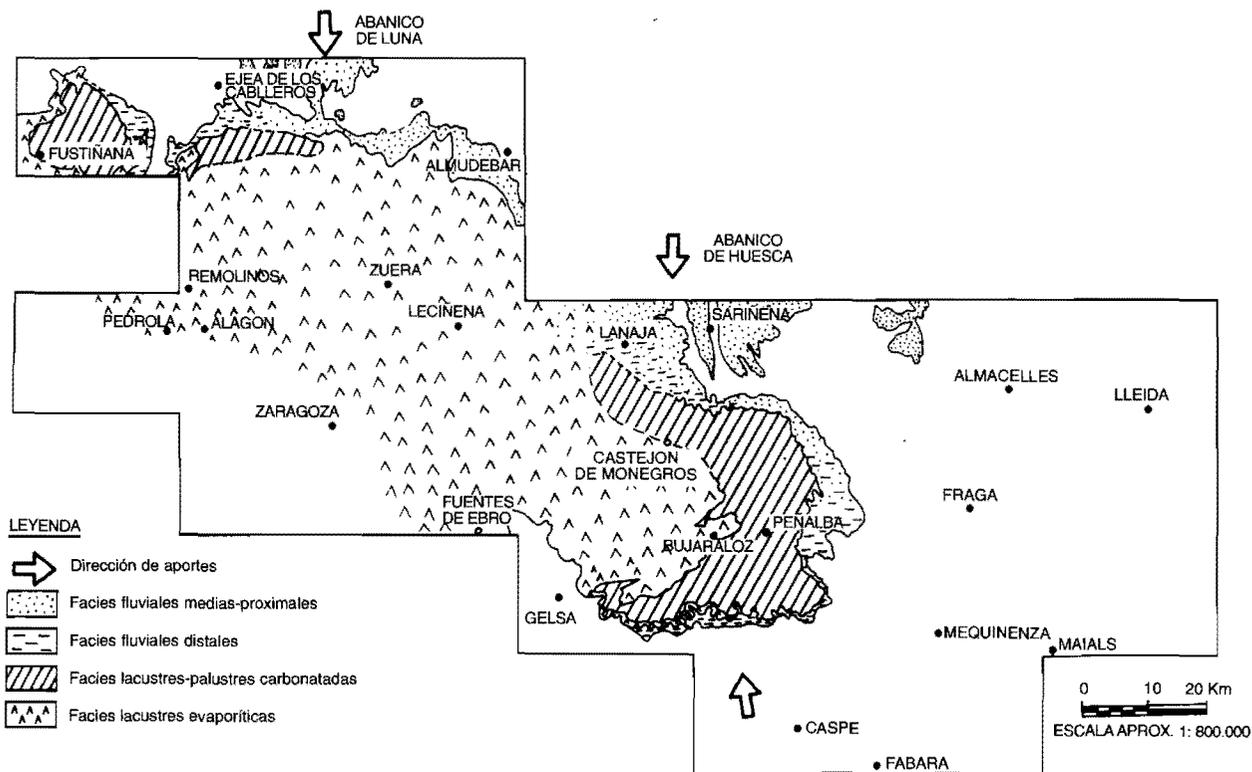
La arcilla es de coloraciones abigarradas entre rojas, ocre y verdosas distribuidas en manchas, signo de los procesos edáficos de hidromorfismo sufridos.

Las calizas, poco potentes, son limosas, fétidas, muy bioturbadas, con restos de gasterópodos y algunas caráceas.

Hacia el suroeste esta unidad cartográfica va perdiendo los niveles de arenisca y pasa lateralmente a facies más distales. En el margen meridional del mapa, desde Peñalba hacia el oeste, esta asociación de facies se ve reducida a un paquete arcilloso rojo que va desapareciendo en este sentido.

Los niveles superiores de esta unidad cartográfica tienen una menor proporción de areniscas en las áreas septentrionales y orientales de la hoja; en estos puntos dominan las facies arcillosas con delgadas capas de caliza limosa y de arenisca de grano fino y muy fino. Hacia el centro de la hoja las arcillas van perdiendo sus tonalidades rojas y van siendo reemplazadas por niveles de carácter margoso, aún con algunas tonalidades rojizas. Este tránsito gradual hacia el suroeste acaba en los alrededores del Barranco del Reguero, a partir de donde empiezan a ser comunes los niveles de yeso nodular intercalados entre las facies margosas, agrupadas en la unidad cartográfica (7).

El estudio petrográfico muestra que las arenitas reconocidas en esta asociación de facies son litarenitas con fragmentos de caliza (alrededor del 10%), de feldspatos (15-20%) y cuarzo (20-25%). Se observa yeso como elemento detrítico y como cemento junto al cemento calcítico.



**Fig. 7. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Bujaraloz-Sariñena**

Se ha realizado un estudio de Rayos X de tres muestras de arcilla de esta unidad. Este estudio ha puesto de manifiesto una asociación mineralógica como la siguiente:

- Illita: entre 52-79%
- Esmeclita: entre 4-41%
- Clorita: entre 7-17%

En la serie del Barranco Barbuchano, y a unos 30 m por debajo del tránsito de esta unidad cartográfica a la número 6, se ha localizado un nivel arcilloso sumamente alterado que, además, incluye analcima (un mineral de grupo de las ceolitas), que podría atribuirse a la presencia de un nivel vulcanoclástico incluido en la serie.

Las calizas pueden clasificarse como biomicritas, con fragmentos de moluscos, ostrácodos y caráceas. En ocasiones se observa porosidad móldica. Alguna muestra contiene restos detríticos con fragmentos minoritarios de cuarzo, feldespato y granos líticos.

Del estudio de las facies de esta unidad, puede deducirse que corresponden a depósitos distales de llanura aluvial. Se observa una distalización de la unidad hacia el suroeste y, en vertical, hacia los niveles superiores.

De las muestras estudiadas para micromamíferos no se ha obtenido ningún resultado. Existen, sin embargo, datos micropaleontológicos de la parte basal de la unidad en el sector de Peñalba. AZANZA, *et al.* (1988) y CUENCA, *et al.* (1989) identifican *Ritteneria manca* en el sector de la Paridera del Cura. Esta especie caracteriza la biozona 2b de MEIN, (1975), situada en la parte superior del Ageniense, por lo cual se atribuye una edad Ageniense superior a esta unidad.

#### 1.1.3.2. *Calizas en bancos y margas con intercalaciones arcillosas (6). (Ageniense-Aragoniense)*

Los sedimentos de esta asociación de facies afloran en todo el ámbito de la hoja. Su estudio detallado se ha realizado en las columnas del Corral de la Plana (01) (65-70 m) y Barranco de Barbuchano (04) (25-30 m). En la columna del Pico Sigena (02) sólo se han reconocido los metros superiores, mientras que en la de Peñalba (03) lo han sido los niveles carbonatados inferiores.

Esta unidad está constituida por bancos de calizas intercalados entre margas y arcillas. En el sector norte sólo se ha reconocido un nivel cartográfico compuesto por bancos calizos y niveles margo-arcillosos. Hacia el sur la unidad cartográfica está compuesta por varios niveles de calizas y margas que alternan con los tramos arcillosos de la unidad cartográfica (5).

Los bancos calizos tienen una potencia métrica, con una tendencia estratodecreciente y mayor bioturbación a techo. Las calizas tienen textura *mudstone-wackestone* con estratificaciones onduladas irregulares. Pueden incluir estructuras tractivas a pequeña escala, básicamente *ripples*, y muy ocasionalmente cantos blandos en la base de las capas. Estas calizas

son fétidas, contienen restos de gasterópodos y tienen perforaciones por raíces. Asimismo se han observado moldes de disolución (porosidad móldica).

En el tránsito de esta unidad a la inferior, en la serie del barranco de Barbuchano (04) (límite centro-septentrional de la hoja) se ha identificado un nivel de unos 15 cm de espesor de una roca vulcanosedimentaria de carácter ignimbrítico, que puede clasificarse como una vitro-toba cinerítica. Esta muestra tiene una textura brechoide que individualiza clastos (1,5-2 cm) de composición distinta de la matriz.

La composición de los clastos es de un 44% de vidrios, 6% de cristales y 50% de matriz cinerítica. Los vidrios y la matriz están fuertemente reemplazados por carbonato (calcita) micrítico. Los cristales son de cuarzo alotriomorfo y de plagioclasa idiomorfa con finas maclas polisintéticas. La matriz de la brecha está compuesta por un 57% de vidrios, un 35% de matriz cinerítica asimismo carbonatada y un 8% de cristales de cuarzo y plagioclasa, y accesoriamente algún clinopiroxeno. Genéticamente podría tratarse de un depósito piroclástico (clastos) retrabajado por agentes sedimentarios (matriz).

En la hoja de Lanaja, y también dentro de la unidad Bujaraloz-Sariñena, se ha reconocido un nivel vulcanoclástico de características similares a este. HIRST (1983) y FRIEND *et al.* (1989) citan también un nivel volcánico reconocido en la hoja de Zuera, incluido en materiales correspondientes al Sistema Depositional de Huesca, dentro de esta misma unidad genético-sedimentaria.

Las arcillas son de coloración rojiza y muestran señales de procesos pedogenéticos. Las margas son grises y en ocasiones limosas con mayor concentración de restos vegetales y gasterópodos.

Hacia el suroeste estos niveles cartográficos van perdiendo potencia a favor de facies margosas, representándose hacia las hojas de Bujaraloz y Castejón de Monegros como líneas de capa. En esta zona, al sur del Barranco del Reguero, estos niveles calizos (6) se intercalan entre las unidades cartográficas (7) y (8). En este sector las capas calizas tienen un menor contenido en terrígenos de tamaño limo que en el norte. En los alrededores de Peñalba y Candanos se encuentran nódulos de sílex incluidos en estos bancos. A medida que nos acercamos hacia el extremo suroeste, empiezan a encontrarse algunos niveles tabulares de yeso micronodular con textura *chicken-wire* interestratificados entre los bancos calizos.

Las calizas son, en general, biomicritas con ostrácodos, moluscos y caráceas (constituyen entre el 10 y el 35%). También presentan, en numerosas ocasiones, porosidad móldica y fenestral, que a veces se encuentra rellena por yeso secundario y arcillas.

Las facies que constituyen esta unidad pueden ser interpretadas como depositadas en un ambiente lacustre-palustre carbonatado, aunque en el sector suroccidental se desarrollaron condiciones salinas que propiciaron la formación de los niveles yesíferos. Estos debieron formarse en zonas marginales de lagos salinos.

A esta unidad se le atribuye una edad Ageniense-Aragoniense por consideraciones estratigráficas de carácter regional.

### 1.1.3.3. *Margas, capas calizas y yeso nodular (7). (Ageniense-Aragoniense)*

Esta asociación de facies aflora en el cuadrante suroccidental, entre el Barranco del Reguero y la Val de Rafaela, en una zona de muy escaso relieve con gran desarrollo de suelos. Debido a estas características del área de afloramiento, el reconocimiento de los materiales se ha hecho en base a múltiples estaciones de campo. Se han cartografiado varios niveles de esta unidad que hacia el noreste pasan, por medio de un cambio gradual de facies, a los niveles de la unidad cartográfica (5).

Esta asociación está compuesta por una alternancia de capas de calizas y yeso entre bancos margosos y/o arcillosos. Las calizas son fétidas y contienen algún bioclasto. Las capas de yeso son delgadas y tabulares. La textura del yeso es alabastrina y su aspecto micronodular de tipo *chicken-wire*. Las margas son de color gris y las arcillas pardo-rojizas, mostrando algunas manchas de reducción.

Estos materiales pueden ordenarse de forma diferente en una sucesión vertical. Se pueden distinguir tres tipos distintos de ciclos de escala métrica que culminan con capas calizas identificados en esta unidad y que se van repitiendo sin un orden preciso.

El ambiente sedimentario que puede deducirse de esta asociación de facies corresponde a un margen de lago salino. Sin embargo las capas calizas se depositaron probablemente en un ambiente lacustre menos salino. Por tanto la ciclicidad observada podría corresponder a evoluciones cíclicas en las condiciones de sedimentación.

Por su posición estratigráfica y sus relaciones con las demás unidades cartográficas se atribuye una edad Ageniense-Aragoniense a esta unidad.

### 1.1.3.4. *Yesos nodulares y tabulares con margas (8). (Ageniense-Aragoniense)*

Esta asociación de facies aflora entre la Val de Rafaela y el vértice suroeste de la hoja, en un área muy llana excepto cerca del límite provincial, en el vértice Pinet (379 m).

La potencia visible que de esta unidad cartográfica aflora en la hoja es de 30-40 m. Está constituida por niveles tabulares de yesos nodulares blancos, margas grises y finos niveles limosos y carbonatados.

Los yesos nodulares pueden ser acintados. Su textura es alabastrina más marcada en los nodulares, mientras que las capas de yeso tabular tienen un aspecto micronodular.

Las características sedimentológicas de esta asociación de facies permiten interpretarla como depósitos de ambientes de lago salino y margen de lago salino (ver figura 5-e y f). Se atribuye una edad Ageniense-Aragoniense a estos depósitos al igual que a la unidad anterior a la que cambia de facies lateralmente.

### 1.1.4. **Unidad Remolinos-Lanaja**

Esta unidad genético-sedimentaria aflora ampliamente en el sector central de la Cuenca del Ebro. Las facies de centro de cuenca de la unidad pueden reconocerse en la hoja de

Remolinos, mientras que las facies detríticas más proximales afloran en la hoja de Lanaja. La figura 8 muestra la distribución de facies de esta unidad en el sector central de la Cuenca del Ebro.

Esta unidad está compuesta en la hoja de Peñalba por materiales predominantemente margo-carbonatados a excepción del sector occidental en donde incluye yesos nodulares. Aflora en la Sierra de Ontiñena hasta el extremo noroccidental de la hoja, y en todo el margen occidental de ésta. La potencia de esta unidad puede estimarse en 100-120 m.

El contacto con la unidad infrayacente, Unidad de Bujaraloz-Sariñena, constituye un límite de unidad genético-sedimentaria, así como el contacto con la unidad superior, Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora. Ambos límites se han situado entre facies lacustres predominantemente carbonatadas en la base y facies arcillosas con niveles carbonatados y algún banco de arenisca en el techo.

En el mapa geológico se han distinguido, dentro de la Unidad Remolinos-Lanaja, tres asociaciones de facies que se han representado como tres unidades cartográficas distintas. La unidad 9 está compuesta por arcillas y margas con algunos niveles de calizas. Estos materiales en parte pasan transicionalmente, hacia el suroeste, a sedimentos margosos con escasos bancos de yeso nodular y de calizas, agrupados en la unidad 10. La unidad 11 está constituida por niveles de calizas y margas dispuestas sobre la unidad 9, que se extienden hacia el oeste hasta las hojas de Lanaja y Castejón de Monegros.

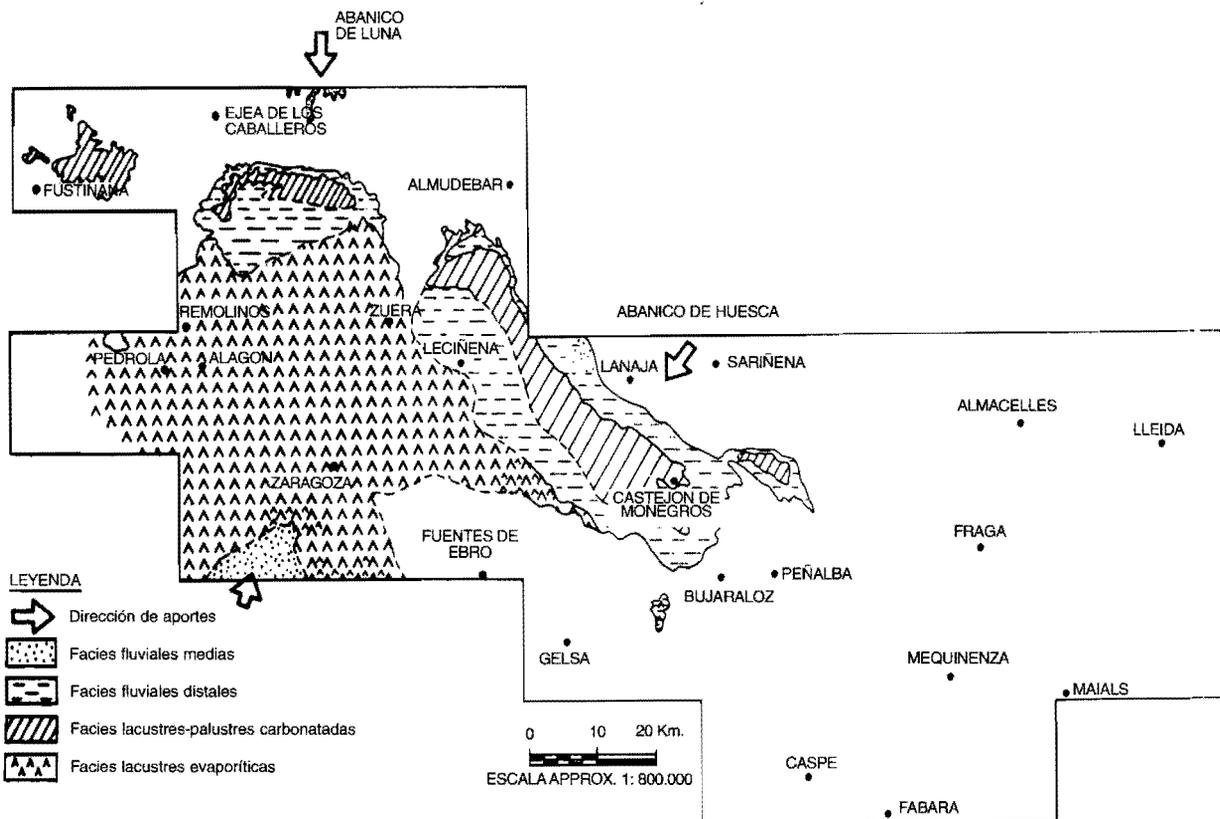
En los materiales que forman esta unidad genético-sedimentaria, no se han encontrado yacimientos de vertebrados que hayan permitido datarla. Sin embargo, dentro del territorio comprendido en la hoja de Lanaja, se ha podido atribuir una edad Aragoniense medio-superior a la unidad Montes de Castejón-Sierra 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 términos evaporíticos de esta unidad pertenecen a la Fm. Zaragoza y los materiales carbonatados a las Calizas de Sigena, incluidas en el Mb. Castejón de la Fm. Alcubierre, todas ellas definidas por QUIRANTES (1978).

La polaridad del aparato sedimentario que aportó los materiales terrígenos se ha establecido a partir de la distribución de facies de la unidad. Los sedimentos más proximales se encuentran hacia el norte, y los más distales hacia el oeste, (ver figura 8).

#### 1.1.4.1. *Margas, arcillas y calizas (9). (Aragoniense)*

Esta asociación de facies aflora ampliamente en el cuadrante noroccidental de la hoja. Se ha reconocido en detalle en la serie del Corral de la Plana (01), del Pico Sigena (02) y del Barranco de Barbuchano (04). Está compuesta por una alternancia de arcillas y/o margas con



**Fig. 8. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Remolinos-Lanaja**

bancos de calizas limosas de hasta 120 cm de espesor. Desde la base hasta el techo de la unidad se observa una disminución de los niveles arcillosos en favor de los bancos de calizas y margas.

La parte inferior de la unidad cartográfica está constituida básicamente por niveles arcillosos de coloraciones rojas, ocreas o verdosas, muy bioturbados (ver figuras 5-c y d). Los niveles de calizas son muy escasos así como los bancos de arenisca. En algunos puntos del norte de la Sierra de Ontiñena, se han observado bancos de arenisca de grano fino, con geometría canaliforme, base erosiva y superficies de acreción lateral de tipo *point-bar* (figura 5-a).

En la parte media y superior de la unidad cartográfica disminuye la cantidad de arcilla, a favor de sedimentos margosos menos afectados por procesos edáficos, y bancos de caliza. Las calizas son limosas y como estructuras sedimentarias tienen *ripples* de corriente y oscilación; muestran a menudo estratificación ondulada a pequeña escala y perforaciones por raíces en el techo. Las margas incluyen algunos niveles de coloraciones más oscuras formados por acumulación de materia orgánica vegetal.

Las arenitas son litarenitas con abundantes fragmentos de caliza (hasta el 25%), cuarzo (10-15%) y feldespatos (10-20%). El yeso se encuentra como elemento detrítico así como cemento junto al cemento calcáreo.

Las calizas son biomicritas con ostrácodos, caráceas y gasterópodos. Tienen también porosidad de tipo móldico y fenestral con signos de bioturbación.

De acuerdo con el tipo de facies reconocidas puede interpretarse esta asociación de facies como depósitos de áreas muy distales de abanico aluvial, casi en condiciones lacustre-palustres, que hacia techo evolucionan a facies palustre-lacustres (para el estudio de los ciclos de facies ver figuras 5-c y d).

Levigados efectuados en estos materiales han suministrado restos de peces indeterminados y otros restos fósiles sin valor bioestratigráfico. Se atribuye una edad Aragoniense a esta unidad en base a criterios estratigráficos de carácter regional.

#### 1.1.4.2. Margas con yeso nodular y capas calizas (10). (Aragoniense)

Esta asociación de facies aflora en el margen oeste de la hoja acunándose hacia el norte en la zona de la Plana del Sabinar. Se trata de un área de muy escaso relieve, muy afectada por procesos edáficos cuaternarios y posteriores acciones antrópicas relacionadas con el cultivo de los suelos, por lo que no ha podido levantarse ninguna columna estratigráfica y su reconocimiento se ha hecho en múltiples estaciones de campo.

Litológicamente consiste en una serie predominantemente margosa, con presencia de yesos nodulares que pueden juntarse para dar un aspecto de cintas de nódulos de yeso (yesos nodulares enterolíticos). La textura del yeso es alabastrina pudiendo tener un aspecto micro-nodular de tipo *chicken-wire*.

Más ocasionalmente se observan capas de limos con cemento de carbonato cálcico, y también algunos bancos de arenisca de grano muy fino con laminación cruzada. También se encuentran finas capas de calizas limosas fétidas con perforaciones por raíces.

La potencia máxima observada de esta unidad es de unos 50 m en la Val de la Socarrada. Hacia el norte desaparece acuñándose entre las unidades (6) y (9).

Estos sedimentos pueden interpretarse como depósitos de áreas periféricas -llanura lutítica salina- de un lago salino o *playa-lake*. El crecimiento del yeso de esta unidad se habría realizado en su mayor parte por circulación de salmueras entre el sedimento lutítico pobremente consolidado.

El estudio de muestras para bioestratigrafía ha dado resultados negativos. Se atribuye una edad Aragoniense a la unidad por su posición estratigráfica en relación con las restantes unidades reconocidas en el sector.

#### 1.1.4.3. *Calizas en bancos con intercalaciones de margas y arcillas (11). (Aragoniense)*

Esta asociación de facies aflora únicamente en las partes altas de la Sierra de Ontiñena, por encima de la cota de 500 metros, y en las inmediaciones del Pico Buralrroyo, en la linde con la hoja de Castejón de Monegros.

El estudio detallado de estos sedimentos se ha realizado en la serie del Pico Sigena (02), en donde presentan una potencia máxima de unos 40 m.

La litología de este tramo está dominada por bancos calizos de escala métrica intercalados con margas y niveles arcillosos bioturbados. Estas calizas son limosas con estratificación a menudo ondulada y con indicios de estructuras tractivas. Se encuentran intensamente bioturbadas con perforaciones por raíces. El espesor de los bancos calizos disminuye ligeramente desde la base al techo de la unidad.

Las arcillas tienen colores rojos y ocre, con signos de haber sufrido procesos pedogenéticos. Las margas son grises con algún delgado nivel de acumulación de materia orgánica vegetal (coloración pardo-negrucza).

Las calizas son biomicritas con restos de caráceas, ostrácodos y gasterópodos. Se observan signos de bioturbación y porosidad móldica que, ocasionalmente, puede estar rellena por yeso o por arcilla.

Del estudio de las facies puede deducirse que esta asociación de facies se depositó en un ambiente lacustre-palustre (ver figura 5-d), que progresivamente podría haber aumentado ligeramente el carácter palustre del ambiente sedimentario.

La posición estratigráfica de esta unidad permite atribuirle una edad Aragoniense.

### 1.1.5. **Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora**

Esta unidad genético-sedimentaria toma el nombre de la Sierra de Pallaruelo, situada en la hoja de Lanaja en donde afloran sus litofacies terrígenas, mientras que las carbonatadas lo hacen en el Monte de la Sora, situado en la hoja de Ejea de los Caballeros. La figura 9 representa esquemáticamente la distribución de facies de esta unidad en el sector central de la Cuenca del Ebro.

En la hoja de Peñalba sólo se encuentra la parte basal de esta unidad. Aflora en un área muy reducida localizada en el Plan, en las inmediaciones del Pico Sigena, y en un pequeño retazo en el Pico Buralrroyo.

En el mapa geológico se ha distinguido una sola unidad cartográfica que corresponde a las Calizas de Sigena incluidas en el Mb. Castejón de la Fm. Alcubierre (QUIRANTES, 1978).

#### 1.1.5.1. *Arcillas versicolores, margas y capas calizas (12). (Aragoniense)*

Esta asociación de facies aflora en los puntos más altos de la hoja, los vértices geodésicos de Sigena y Buralrroyo. Se ha estudiado en detalle en la columna del Pico de Sigena (02) donde se han medido los 10 m basales. Se trata de un tramo predominantemente arcilloso de coloraciones rojizas y ocres que está afectado por procesos pedogenéticos. Entre las arcillas se intercalan capas de calizas limosas aisladas (15-20 cm), bastante bioturbadas por perforaciones de raíces. El banco calizo más alto estratigráficamente está compuesto por varias capas calizas con estratificación ondulada y con una costra ferruginosa de carácter local.

De acuerdo con las facies observadas, la parte basal de esta unidad se habría depositado en un ambiente distal de llanura aluvial, muy próximo a áreas palustre-lacustres, donde se desarrollarían paleosuelos en los niveles arcillosos, y niveles calizos en las zonas de encharcamiento.

Por consideraciones estratigráficas de carácter regional se atribuye a esta unidad una edad Aragoniense.

## 1.2. CUATERNARIO

Dada la ausencia de dataciones suficientes en los depósitos cuaternarios de 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 cronológicos fiables al respecto, se ha decidido asignar a los depósitos más altos una edad Pleistoceno inferior, siguiendo los criterios utilizados por PEÑA y SANCHO (1988).

### 1.2.1. **Carbonatos (13). Costras calcáreas. Pleistoceno inferior**

Estos depósitos se localizan en la parte culminante de la Sierra de Sigena, por encima de la unidad miocena descrita en el epígrafe anterior.

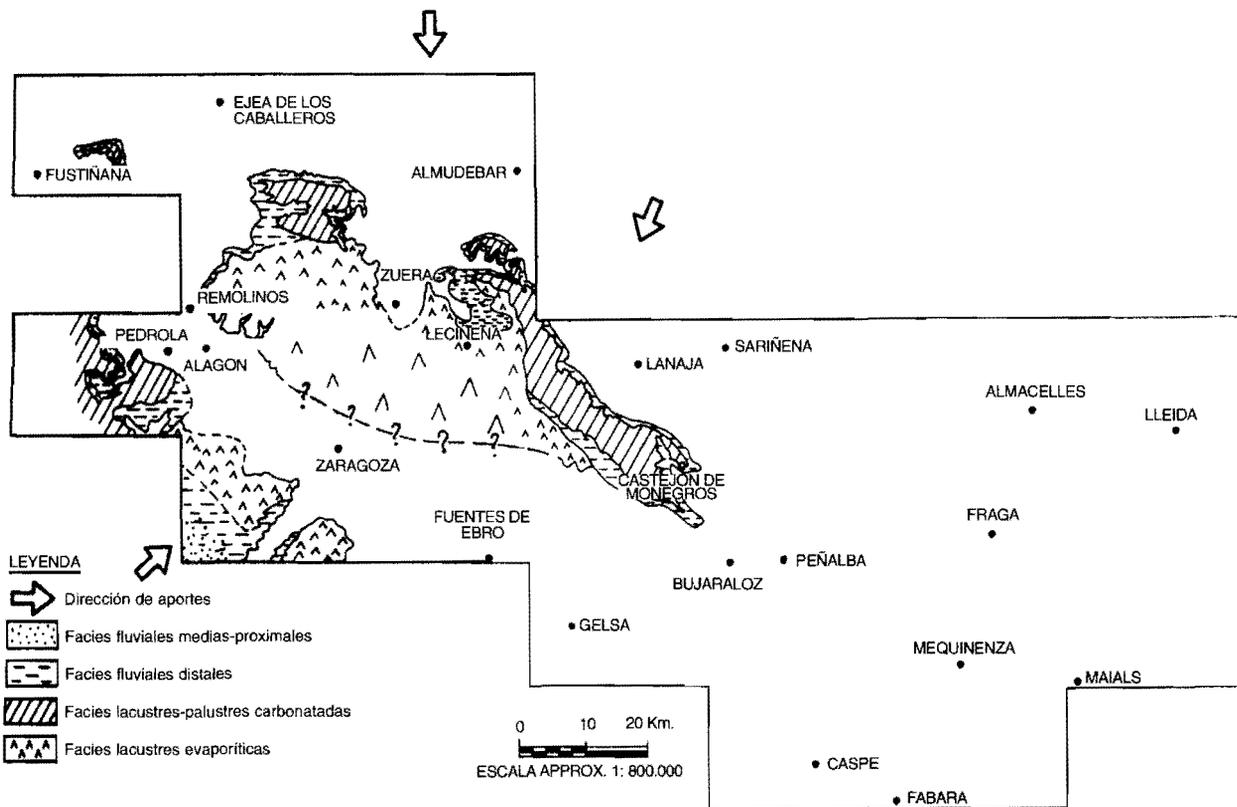


Fig. 9. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora

Presenta una extensión superficial relativamente amplia, con un espesor que oscila entre 2,5 y 3 m.

Litológicamente está formada por cuatro tipos de facies: en la base, una costra calcárea pulverulenta-nodulosa con relictos de cantos calcáreos disueltos y abundante matriz arcillo-limosa de colores pardos (Facies A). Incluye delgados niveles de arcillas anaranjadas nodulosas (Facies B). Por encima se sitúa un nivel de potencia variable máximo 1,10 m de costra calcárea brechoide bastante cementada con cantos heterométricos (M = 3 cm, C= 12 cm), y angulosos (Facies C). La facies culminante (Facies D) es un nivel de unos 20 cm de espesor de costra laminar bandeada, de gran resistencia a la erosión (Fig. 10-a).

El conjunto presenta abundantes huellas de raíces. Se interpreta su génesis debida a procesos edáficos en áreas de encharcamientos estacionales bajo condiciones climáticas de cierta aridez.

Se le atribuye una edad de Pleistoceno inferior, sin descartarse la posibilidad de su pertenencia al Plioceno más alto.

#### **1.2.2. Gravas bien redondeadas con costras calcáreas (14). Depósitos del piedemonte pirenaico. Pleistoceno inferior**

Esta unidad aflora en el cuadrante suroccidental de la hoja, dando lugar a los extensos llanos de La Menorca-Llanos Altos y los relieves de Moleta y Portellada.

Litológicamente están formados por 4-5 m de gravas redondeadas a subredondeadas, fundamentalmente calcáreas, con cantos terciarios y otros procedentes de las Sierras Exteriores Pirenaicas -calizas de alveolinas, areniscas del Buntsandstein, etc... Los cantos tienen una moda de 3-4 cm y centil 25 cm, y se presentan imbricados dando lugar a una laminación cruzada planar a grosera. Dentro de las gravas se intercalan delgados niveles arenosos con *ripples* de corriente y laminación cruzada planar y en surco. A techo de estos materiales se dispone una costra carbonatada de facies brechoide y laminar-bandeada que representa un nivel fuertemente resistente a la erosión (Fig. 10-b).

Las gravas se organizan en un sistema de barras y canales correspondientes a cauces fluviales anastomosados de procedencia septentrional.

Se considera una edad Pleistoceno inferior para esta unidad.

#### **1.2.3. Cantos y gravas con costras calcáreas (15). Cantos y gravas con matriz arcillo-arenosa (16, 18). Glacis. Pleistoceno**

Estas unidades se extienden por la mitad oriental de la hoja bordeando la Sierra de Ontiñena, así como por su límite occidental, provenientes de Los Montes de Castejón.

Litológicamente los tres niveles de glacis diferenciados en la cartografía son muy parecidos: gravas y cantos calcáreos angulosos a subangulosos, poco organizados, con moda 2-4 cm y

centil aproximado 8 cm hacia las partes medias de los mismos, tamaños que aumentan hacia las zonas de raíz. Presentan una matriz arcillo-arenosa (50% cantos y 50% matriz) y espesores comprendidos entre 1 y 6 m.

El nivel más antiguo (unidad 15) desarrolla a techo un nivel culminante de costra brechoide de hasta 30 cm de espesor, mientras que los otros niveles están escasamente cementados por carbonato. Localmente, dicha unidad 15 puede presentar en su base niveles edáficos de tipo pseudogley formados por arcillas de tonos rojos y verdes en desarrollo de cutanes.

Su edad es Pleistoceno.

#### **1.2.4. Gravas en matriz-arcillosa (17 y 19). Terrazas. Pleistoceno**

Estas unidades afloran en la zona meridional de la hoja, asociadas al Valle de Antón y Val Cabrera, principales colectores de la Sierra de Ontiñena, así como en la esquina noreste, asociadas al cauce del Río Alcanadre.

Las terrazas del Valle de Antón y Val Cabrera están constituidas por 4-6 m de gravas imbricadas de calizas terciarias, subredondeadas, con centil 17 cm y moda 2-3 cm. Presentan pequeñas proporciones de limos y arcillas en la matriz. El nivel más antiguo (unidad 17) en su medio metro superior muestra un encostramiento carbonatado de tipo pulverulento.

Del sistema de terrazas del Río Alcanadre sólo aflora en la hoja de Peñalba el nivel inferior, formado por gravas imbricadas de procedencia pirenaica organizadas en barras de canales anastomosados.

La edad de estos materiales es Pleistoceno.

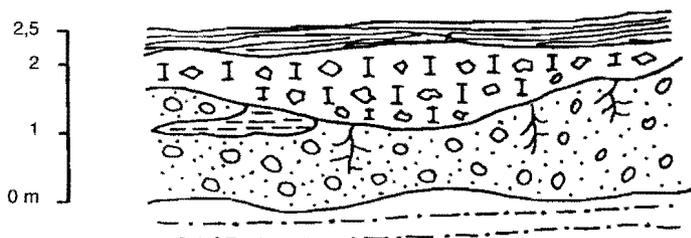
#### **1.2.5. Arcillas, arenas y gravas (20). Llanura de inundación. Holoceno**

La llanura de inundación del Río Alcanadre se sitúa a unos 2 m por encima del cauce activo. Su composición litológica es de arenas, limos y arcillas que engloban gravas de calizas y areniscas tanto de áreas próximas como procedentes de las Sierras Exteriores Pirenaicas.

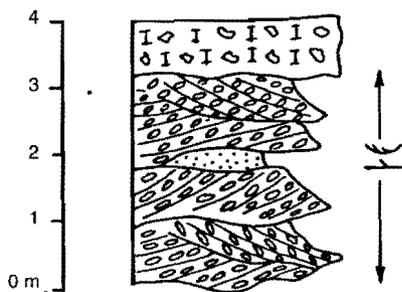
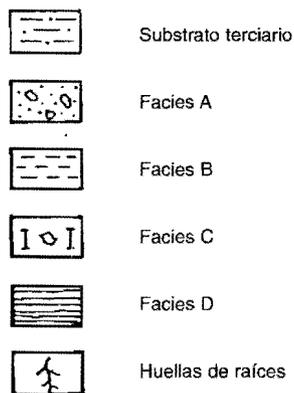
Su edad es holocena.

#### **1.2.6. Cantos con matriz limo-arcillosa (21). Coluviones. Holoceno**

Se han cartografiado en el mapa geológico los depósitos de ladera de mayor espesor y extensión superficial. Cuando están ligados a relieves terciarios o glaciares, se componen de cantos angulosos de los mismos materiales englobados en una matriz limo-arcillosa sin cementar. Los asociados a los relieves invertidos de los depósitos del piedemonte pirenaico participan de las mismas características litológicas, siendo los cantos redondeados y la variabilidad litológica mayor.



**Fig. 10 a. Corte de Costra Calcárea (U. 13)**



**Fig. 10 b. Corte de los depósitos de Piedemonte Pirenaico (U.14)**

El espesor de los coluviones puede llegar a los 4-5 m.

Se considera una edad holocena para estos depósitos.

#### 1.2.7. **Arcillas y limos (22). Zonas endorreicas. Holoceno**

Estos depósitos se localizan al norte de Bujaraloz, en el área de Candasnos y en el borde oriental de la hoja.

Se trata de lutitas y limos de tonos anaranjados y pardos, donde eventualmente se desarrollan pequeñas costras salinas, en zonas de substrato yesífero (Bujaraloz). Pese a no haberse observado ningún perfil, puede afirmarse que estos depósitos son de reducido espesor.

Corresponden a pequeñas depresiones sometidas a procesos de encharcamiento estacional.

Su edad es holocena.

#### 1.2.8. **Limos y arcillas con cantos (23). Depósitos aluvial-coluvial. Gravas y cantos con matriz limo-arcillosa (24). Glacis subactual. Cantos con matriz limo-arcillosa (25). Conos de Deyección. Holoceno**

Estas formaciones superficiales presentan características litológicas similares, con limos y arcillas con algo de arena que engloban gravas y cantos dispersos, con escasa organización interna. Su espesor es escaso, de 1 a 2 m por lo general.

Están ligados a los procesos morfogénéticos de clima semiárido propios de la Cuenca del Ebro: arroyada y gravedad fundamentalmente. Los criterios de diferenciación entre los distintos tipos de depósitos son, por tanto, fundamentalmente morfológicos.

Su edad es, asimismo, holocena.

#### 1.2.9. **Arcillas y limos con cantos (26). Aluviales y fondos de vale. Holoceno**

Esta unidad cartográfica engloba tanto los sedimentos de los cauces activos del Río Alcanadre y el Valle del Antón como los rellenos de las "vales" o valles de fondo plano situados en el ámbito de la hoja con una dinámica de aportes mixto entre aluvial y de laderas.

El aluvial del río Alcanadre está formado por gravas y cantos bien redondeados, muchos de ellos de procedencia extracuenal (Prepirineo), mientras que los rellenos de las "vales" son depósitos de limos y arcillas de tonos pardos que engloban cantos de calizas, areniscas y sílex terciarios subangulosos y sin organización interna.

Su edad es holocena.

## 2. TECTONICA

### 2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La hoja de Peñalba 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 la Cordillera Costero Catalana, 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. Así, es en La Rioja donde se registra la actividad compresiva más moderna, Mioceno medio en las Sierras de Cameros y Demanda y Vindoboniense en la Sierra de Cantabria, mientras que en esa misma época Los Catalánides se encuentran sometidos a un régimen distensivo dominante.

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 están 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.

La hoja de Peñalba está ubicada en la parte central de la Cuenca del Ebro, ocupando una posición intermedia entre el Pirineo, al norte, y la zona de enlace entre las cordilleras Ibérica y Costero-Catalana, y aunque está constituida por depósitos sinorogénicos en el sentido de ser coetáneos con la deformación de las cadenas adyacentes, presenta una

estructura geológica muy sencilla, ya que la deformación apenas afecta a este sector de la cuenca.

## 2.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

En la hoja de Peñalba la disposición estructural de las capas es, por lo general, subhorizontal, con buzamientos que no exceden los 3-5°. Sin embargo, existen dos grandes estructuras de plegamiento que atraviesan la hoja por su parte central con dirección NO-SE, y que se han denominado sinclinal de Sigena y Anticlinal de Sisallar.

Estos pliegues constituyen dos ondulaciones muy laxas con unos ejes de 20 km de longitud. Sus flancos tienen buzamientos que no superan los 5°, pero mantienen su continuidad geométrica durante varios km, alcanzando por ejemplo el flanco suroeste del anticlinal de Sisallar las proximidades del pueblo de Peñalba. Del análisis de dos perfiles electromagnéticos realizados para este proyecto en la vecina hoja de Castejón de Monegros puede deducirse que estos pliegues, laxos en superficie, aumentan la inclinación de sus flancos en profundidad, agudizándose la estructura, por lo que se interpretan como producidos por una fase compresiva de edad Mioceno inferior.

La culminación del anticlinal de Sisallar está afectada por un sistema de fallas normales paralelas al eje de la estructura, que tienen un salto máximo de 10 a 15 m, amortiguándose lateralmente. Estas fallas forman un sistema antitético que dan lugar, en el sector noroeste de la hoja, a una pequeña fosa tectónica que denominaremos como Fosa del Valle del Junco. Esta depresión se extiende a lo largo de 7 km, y constituye un elemento morfológico de primer orden, condicionando los "codos" que presenta el Valle del Junco en este sector.

Estas estructuras pueden estar relacionadas con un accidente mayor en profundidad que seguramente llega a afectar al sustrato, como se refleja en los datos de subsuelo (RIBA *et al.*, 1983; LANAJA, 1987). En la vecina hoja de Fraga existen estructuras con la misma orientación, la más importante de las cuales discurre por el cauce fluvial del río Cinca.

Perpendiculares a este sistema existen otras fallas, no representadas en la cartografía dado su pequeño salto, de orientación NE-SO con expresión geomorfológica de la que puede ser un ejemplo el Val de Ladrone, de trazado rectilíneo, con una dirección N 40 E.

Probablemente la génesis de todas estas fallas tuvo lugar durante la distensión que afectó a toda la Cuenca del Ebro en el tránsito Mioceno superior-Plioceno.

Por último hay que hacer referencia a la existencia, en la esquina suroeste de la hoja, de un sistema de pequeñas fracturas paralelas de pequeño o nulo salto, y que se reflejan en la alineación según la dirección ONO-ESE de la red de "vales" de la zona, así como por la elongación según la misma dirección de las pequeñas dolinas que afectan a los materiales carbonatados y yesíferos presentes en este sector. Este sistema de fracturas alcanza su máximo desarrollo en las vecinas hojas de Castejón de Monegros, Gelsa y Bujaraloz, sin llegar a afec-

tar a los materiales miocenos de la Sierra de Sigüenza, los más jóvenes de los aflorantes en la hoja de Peñalba.

### 2.3. EVOLUCION TECTONICA

Los datos existentes en el marco de la hoja no permiten establecer grandes precisiones sobre su evolución tectónica, que debe contemplarse en el contexto regional.

El relleno de la cuenca por depósitos molásicos fluviales y lacustres 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 de la cuenca sufre una traslación continua de norte a sur desde el Paleoceno al Mioceno superior. También se observa que durante el Eoceno y Oligoceno existen dos depocentros, uno en Navarra-La Rioja y otro en Cataluña, separadas 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 durante gran parte del Mioceno a favor de los surcos sinclinales de Navarra y Rioja (formados a comienzos del Mioceno), 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.

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 ANADON *et al.* (1986) interpretar el margen catalánide de 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 varias discordancias progresivas. Su edad varía, siendo más reciente en el suroeste y más antigua en el noreste (ANADON *et al.*, 1979). En lo que respecta al borde ibérico, también registra actividad tectónica con repercusiones en la cuenca, sobre todo en los extremos noroeste (frente de los sierras de Cameros y Demanda) y sureste (enlace con los Catalánides).

Existen indicios de actividad compresiva incluso hasta el Mioceno inferior en el sector central de la cuenca. En etapas más recientes, un régimen distensivo generalizado da lugar a una fracturación y diaclasado que se manifiestan tanto en la Cuenca del Ebro como en la Cordillera Ibérica (SIMON, 1989).

### 2.4. NEOTECTONICA

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 bas-

tante homogéneo y débiles pero extensos basculamientos probablemente controlados por grandes fallas del subsuelo. El campo de esfuerzos sería una distensión tendente a radial con la dirección de esfuerzo mínimo ( $\sigma_3$  próximo a E-O), lo que hace que se forme una familia principal de diaclasas en torno a N-S. El intercambio de  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar a una familia secundaria en dirección E-O. En ciertas zonas, la presencia de una fracturación previa NO-SE es probablemente la razón de que las trayectorias del campo de esfuerzos regional se desvíen para hacerse paralelas y perpendiculares a las mismas.

Durante el Cuaternario siguen produciéndose fracturas N-S y E-O, y también noreste y sures-te, que muestran una coherencia bastante aceptable con el campo de esfuerzos reciente inferido de la fracturación que afecta al Mioceno.

### 3. GEOMORFOLOGIA

#### 3.1. DESCRIPCIÓN FISIOGRAFICA

La hoja de Peñalba se localiza en la parte central de la unidad fisiográfica de la Depresión Terciaria del Ebro. En su territorio tienen representación las subunidades fisiográficas de las Plataformas calcáreas culminantes en el relieve de la Sierra de Ontiñena -prolongación oriental de la Sierra de Alcubierre-, así como los glaciares cuaternarios, que se disponen sobre litologías más lábiles, dando lugar a un fenómeno de inversión del relieve.

La región tiene un régimen climático mediterráneo de carácter continental, con temperaturas medias anuales de 16°C y precipitaciones medias comprendidas entre 300 y 400 mm, características de zonas semiáridas.

Desde el punto de vista orográfico, el principal relieve es la Sierra de Ontiñena, alineación que discurre paralela al borde septentrional de la hoja en su mitad occidental tomando luego una dirección NO-SE hasta las proximidades de la localidad de Candanos. Las cotas principales son los vértices Sigena (595 m) y Tozal (510 m). En el resto de la hoja la topografía es moderada o muy llana, y se caracteriza por la existencia de relieves estructurales limitados por escarpes abruptos.

El curso fluvial más importante del área es el Río Alcanadre, que discurre por la esquina nor-oriental a una cota de 260 m. Junto al Río Cinca, que fluye de norte a sur por la vecina hoja de Fraga, recogen los caudales del cuadrante noreste. El principal colector, atendiendo a la superficie drenada -la mayor parte de la Sierra de Ontiñena-, es el Valle de Antón, que desagüa directamente al Ebro en la hoja vecina de Bujaraloz. El resto de los cauces fluviales son de escasa entidad y circulación intermitente dado lo árido de la región, constituyendo una red de "vales" (valles de fondo plano) que forman una red dendrítica.

Paisajísticamente la hoja presenta las características típicas de la comarca de Los Monegros, con una vegetación pobre y escasa de arbustos y matorrales y cultivos de secano, situación que se modificará en un futuro próximo con la terminación del Canal de Los Monegros, que pondrá en regadío una amplia superficie en la región.

Las únicas zonas forestales, principalmente de pinos, se localizan en las estribaciones de la Sierra de Ontiñena.

### 3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

Los primeros factores a considerar en el modelado de una región son la composición litológica del substrato y su estructura geológica, armazón que condiciona la distribución de los conjuntos orográficos principales. Su interacción con los procesos de dinámica fluvial, principales causantes de las labores de vaciado erosivo y acarreo de los materiales denudados, constituye la línea maestra de la evolución morfo-genética reciente del área, dentro del contexto de un sistema morfoclimático de carácter semiárido.

#### 3.2.1. Estudio morfoestructural

La hoja de Peñalba presenta una relativa variedad litológica, con términos margo-arcillosos de poca resistencia a la erosión alternantes con paquetes de naturaleza carbonatada que condicionan el desarrollo de extensos relieves estructurales. La esquina suroeste de la hoja, dominada por depósitos yesíferos, tiene una morfología poco definida, dominada por extensas áreas llanas. La mitad oriental de la hoja está dominada por la inversión del relieve de las formaciones superficiales cementadas, con mayor resistencia ante los procesos erosivos que el sustrato detrítico terciario sobre el que se asientan.

Sin embargo, el rasgo morfológico más llamativo del conjunto de la hoja es el amplio desarrollo de las superficies estructurales, generalmente horizontales (muelas) y localmente subhorizontales -cuestas con buzamientos de hasta 5° y eventualmente con *chevrons* en sus dorsos- y con escarpes que nunca llegan a los 100 m. La degradación erosiva de algunas de ellas da lugar a cerros cónicos.

La existencia de un suave pliegue anticlinal en la Sierra de Ontiñena, fracturado en su parte culminante, da lugar a la pequeña fosa tectónica del Valle del Junco. Las fallas normales que la limitan, con saltos de hasta 15 m, se han cartografiado como fallas con expresión morfológica.

#### 3.2.2. Estudio del modelado

##### 3.2.2.1. Laderas

Las laderas constituyen elementos fundamentales en la composición del paisaje, al constituir vías de transporte de agua y sedimento hacia la red de drenaje.

En la hoja de Peñalba se dan diversos tipos de vertientes en función de las formas. Tienen una amplia representación las vertientes regularizadas de perfiles cóncavos que enlazan suavemente con su nivel de base local. Suelen estar tapizadas por una cobertera detrítica, generalmente de pequeño espesor. Cuando ésta tiene cierta potencia, ha sido cartografiada como coluvión.

Muchas de estas laderas regularizadas han sido sometidas posteriormente a fenómenos de incisión por procesos de arroyada, dando lugar a las laderas regularizadas y disectadas que figuran en el Mapa Geomorfológico. La alternancia sucesiva de fenómenos de regularización –correspondientes a etapas morfoclimáticas frías– y de incisión –en épocas de mayor aridez– dan lugar a la formación, en determinadas zonas que bordean la Sierra de Ontiñena, de facetas triangulares de vertiente.

Por último, hay que señalar que la mayor parte de las laderas norte y noreste de dicha Sierra, donde se alcanzan las mayores pendientes y desniveles de la hoja, se hallan sometidas en la actualidad a procesos muy activos de incisión y acarreamiento, que erosionan completamente el regolito, presentándose generalmente desnudas.

### 3.2.2.2. *Formas fluviales*

Las acumulaciones de depósitos fluviales de la hoja están ligadas tanto al río Alcanadre como a los valles de Antón y Val Cabrera. Ambos sistemas tienen una diferencia fundamental que condiciona factores como la litología y ordenación sedimentaria de los depósitos: el río Alcanadre tiene una procedencia pirenaica, esto es, extrazonal dentro del contexto morfoclimático local, mientras que los valles de Antón y Val Cabrera –que drenan un amplio sector de la Sierra de Ontiñena– corresponden al sistema morfoclimático local caracterizado por su notable aridez.

Del río Alcanadre, dada su escasa extensión superficial dentro de la hoja de Peñalba, sólo se encuentra representado en la hoja el nivel de terraza T<sub>1</sub>, situada a +10 m sobre el cauce activo, aparte de la llanura de inundación a +2-3 m.

En el valle de Antón y Val Cabrera existen dos niveles de terrazas, situados a cotas de +8-10 m y +20-22 m sobre el cauce actual respectivamente. Otros depósitos ligados a estos valles son pequeños conos de deyección escasamente funcionales en la actualidad.

En el resto de la hoja son los procesos fluviales de erosión activa los que adquieren un predominio neto, principalmente en los relieves de la Sierra de Ontiñena. La arroyada es el factor básico de la intensa denudación y da lugar a la formación de cárcavas y barrancos de incisión lineal denominados “tollos” en la región. El marcado retroceso de las cárcavas origina la existencia de delgados interfluvios a modo de aristas en las partes somitales de la Sierra.

Son muy frecuentes también los fenómenos de erosión subsuperficial o *piping*, generalmente asociados a los depósitos limo-arcillosos de los fondos de “vale”. Se han cartografiado tanto algunas surgencias –habitualmente de tipo nicho– como los lugares de pérdida de drenaje superficial por procesos de infiltración, y se han señalado las zonas más importantes de incisión dominadas por procesos de *piping*, que da lugar a los “tollos en surco”. Estos se caracterizan por presentar paredes verticales de 2-4 m de altura, pocos metros de anchura y una longitud que puede alcanzar los varios centenares de metros, terminando en su cabecera generalmente por un nicho abrupto.

### 3.2.2.3. *Formas lacustres*

Las únicas formas lacustres presentes en la hoja corresponden a pequeñas áreas endorreicas o semiendorreicas, localizadas en zonas de drenaje poco claro y sometidas a encharcamientos estacionales. La más extensa de éstas es El Basal, en el límite oriental de la hoja, siendo más frecuentes en la esquina suroccidental, en las cercanías de la localidad de Bujaraloz. En la génesis de estas últimas es evidente la importancia del control estructural al presentar elongaciones en dirección NO-SE, ligadas a un sistema de diaclasas o pequeñas fracturas de la misma dirección.

### 3.2.2.4. *Formas kársticas*

Se han cartografiado como dolinas de fondo plano las pequeñas depresiones del área de Bujaraloz donde se sitúan los fondos endorreicos descritos en el apartado anterior. La coincidencia de los factores estructurales ya mencionados, que propician zonas de debilidad, junto a la litología soluble del substrato yesífero permiten el desarrollo de dolinas de fondo plano con profundidades que no sobrepasan los 4-6 m, sometidas a encharcamientos estacionales en las épocas lluviosas.

### 3.2.2.5. *Formas poligénicas*

Se incluyen en este apartado aquellas formas y depósitos en cuya génesis interviene más de un proceso.

De entre estas formas cabe destacar por su importancia en el modelado las “vales” o valles de fondo plano que disectan, a menudo fuertemente, el substrato donde se implantan.

Presentan forma de artesa, generalmente sin concavidad de enlace lateral evidente. En la génesis de los depósitos de naturaleza limo-arcillosa que las rellenan intervienen aportes laterales –de índole coluvial– y longitudinales –de índole fluvial–, siendo posiblemente importantes también los de origen eólico (ALBERTO *et al.*, 1984). Por otra parte, al ser su litología favorable para el cultivo, se encuentran generalmente aterrizados, por lo que indudablemente el factor antrópico tiene gran efecto desde el punto de vista de su preservación, al controlar la dinámica de los procesos erosivos.

Se han cartografiado también unos depósitos de origen mixto aluvial-coluvial que se encuentran ligados generalmente a las zonas de enlace con topografía plana entre coluviones bien desarrollados y fondos de “vale” o depresiones semiendorreicas.

Otros depósitos poligénicos son los derrames o glacis subactuales, situados levemente por encima de los fondos de valle y con topografía plana o suavemente convexa.

Son los glacis de acumulación los depósitos poligénicos que alcanzan mayor desarrollo cartográfico en la hoja de Peñalba. Se han diferenciado tres niveles distintos, con características litológicas similares salvo el mayor desarrollo de procesos de encostramientos carbonatados en el nivel más antiguo. Se extienden principalmente por la mitad oriental de la hoja, liga-

dos a los escarpes terminales de la Sierra de Ontiñena, y labrándose por lo general sobre los materiales detríticos blandos (limos, arcillas y areniscas) de la Unidad de Bujaraloz-Sariñena. En el borde occidental también se presentan algunos pequeños afloramientos, teniendo en este caso su área fuente en los cercanos relieves de los Montes de Castejón.

En el cuadrante sureste de la hoja aparecen una serie de depósitos cuya interpretación ha sido discutida por diversos autores; son los "depósitos pliocuaternarios" (ALBERTO *et al.*, 1984) o "acumulaciones pliocuaternarias" (PEÑA, 1983). Estos depósitos presentan características fluviales de tipo anastomosado (PEÑA y SANCHO, 1988) con desarrollo de costras carbonatadas a techo, y en algunos casos se pueden relacionar con niveles de terraza de los valles más importantes. Por su contexto regional (desligados de los cauces fluviales principales); la ausencia de laderas de valles que confinen la red fluvial; su extensión transversal (en comparación con los depósitos de terraza) y por último el no formar terrazas morfológicas (en el sentido estricto del término y no en su sentido de depósito superficial de origen aluvial) se ha considerado conveniente no incluir estos depósitos dentro de las formas fluviales, pues su génesis implica un proceso más complejo, en el que se labraría una superficie más o menos plana, a modo de piedemonte recubierta por un manto aluvial extenso en forma de "bajada".

Por último, hay que reseñar el importante nivel de costra calcárea (caliche) que ocupa la culminación de la Sierra de Ontiñena (vértice Sigena). Aunque SANCHO (1986) interpreta dicha formación superficial como correspondiente a un nivel equivalente a los depósitos del Piedemonte Pirenaico, la diferencia de características litológicas y sedimentológicas con los depósitos existentes en el cuadrante sur-meridional, hace aconsejable su individualización. En su génesis han influido tanto los procesos edáficos como los de encharcamiento, así como posiblemente un cierto arrastre del material por arroyada.

### 3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

En apartados anteriores se ha realizado una descripción detallada de las características litológicas y genéticas de las formaciones superficiales, así como del contexto geomorfológico en que se sitúan con especial referencia a la morfogénesis.

Sólo cabe reseñar aquí la presencia, a la altura del km 6 de la carretera al norte de Valfarta, de un nivel edáfico de tipo pseudogley por debajo de la base del glacis más antiguo en el límite occidental de la hoja. Afecta a los 1,5-2 m superiores de un tramo lutítico-margoso de la parte inferior de la unidad genético-sedimentaria de Remolinos-Lanaja, que adquiere tonos verde-rojizos, y representa una etapa de encharcamiento local, inmediatamente anterior al depósito del glacis de acumulación.

### 3.4. EVOLUCION DINAMICA

Una vez terminadas las fases de depósito miocenas, de carácter endorreico, el establecimiento de la red fluvial del Ebro como sistema de transporte y erosión exorreico hacia el

Mediterráneo, constituye el punto de partida de la evolución geomorfológica reciente de la región.

Este cambio de régimen provocó el inicio del vaciado erosivo de la Depresión y debió producirse hacia el tránsito Mioceno-Plioceno (RIBA *et al.* 1983). Este momento posiblemente estuvo acompañado de un levantamiento generalizado de la Cuenca del Ebro.

El desarrollo de los procesos erosivos diferenciales paulatinamente va elaborando las distintas morfologías estructurales en plataformas y cuestas. Hay que considerar los fenómenos de arroyada como agentes principales de este modelado.

ZUIDAM (1976) señala la existencia de una superficie de erosión sobre las calizas de Vallesiense en La Muela (620 m aproximadamente) al sur de Zaragoza, con niveles de costas carbonatadas a techo. También se han reconocido depósitos detríticos y encostramientos en la Plana de la Negra (GRACIA *et al.* 1985) y en la Sierra de Castejón a cotas comparables. El nivel de encostramiento del vértice Sigena (595 m), podría corresponderse con ellos.

Tras esta etapa, el macizo constituido por la Sierra de Ontiñena constituye un relieve residual, mientras que sus estribaciones son sometidas a denudación. Los depósitos del Piedemonte pirenaico son reflejo del desarrollo de una pedimentación generalizada de la región en tiempos del Pleistoceno inferior.

Posterior a este episodio, la evolución de la red fluvial regional va modelando el relieve en sucesivas etapas de encajamiento, con el depósito de distintos niveles de terraza, escasamente representados en la hoja de Peñalba (Río Alcanadre). Simultáneamente a la sedimentación de la mismas, se van generando sucesivos sistemas de glaciares de acumulación cuyas zonas de raíz se establecen en los relieves residuales dominantes (Sierra de Ontiñena y Montes de Castejón principalmente). La génesis de estos depósitos debe ser enmarcada en la alternancia de etapas climáticas cálidas y frías ocurridas a lo largo de los tiempos cuaternarios.

Las últimas etapas acumulativas vienen representadas por los rellenos de vales, aluviales, derrames recientes y los depósitos de regularización de laderas y coluviones. Todos ellos son coetáneos, y su desarrollo corresponde al Cuaternario reciente.

En la actualidad, todas estas acumulaciones recientes, aparecen más o menos disectadas por procesos de arroyada como consecuencia de un cambio climático hacia la aridez, de menor entidad que los que se interpretan para los sistemas glaciares-terrazas.

### 3.5. MORFODINAMICA ACTUAL Y/O SUBACTUAL

La morfogénesis actual en este sector de la Depresión del Ebro está dominada por la marcada tendencia a la semiaridez del clima de la región. Por tanto, son los procesos denudativos los más activos, particularmente la incisión lineal y la arroyada.

Los procesos de *piping* son también muy funcionales. Generalmente se localizan en los fondos de las vales, significando un proceso de relleno no activo o bien un estado de equilibrio acumulación- evacuación bastante inestable, en el que pequeñas variaciones del entorno pueden modificar la dinámica de las vales.

Cara al futuro, debe considerarse la acción antrópica el factor principal de cambios potenciales en las condiciones morfodinámicas actuales.

Modificaciones en la cobertera vegetal, concentrada en la Sierra de Ontiñena, así como en el régimen hidráulico de la región y uso del suelo -hay que considerar la importancia de la construcción del Canal de Monegros, que pondrá en regadío amplias zonas de la hoja de Peñalba- pueden modificar de forma rápida el delicado equilibrio entre los procesos de erosión y sedimentación.

#### 4. HISTORIA GEOLOGICA

La hoja de Peñalba se sitúa en el sector central 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 el margen septentrional de 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 de Montclar, de la Llena y del Montsant (ANADON *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 oeste.

Los sedimentos más antiguos aflorantes en la hoja de Peñalba pertenecen al Oligoceno superior (Ageniense) mientras que los más modernos pertenecen al Mioceno medio (Aragoniense). Estos sedimentos se han dividido en cinco unidades genético-sedimentarias descritas en el capítulo de Estratigrafía, las cuales se denominan: unidad Torrente de Cinca-

Alcolea de Cinca, unidad Galocha-Ontiñena, unidad Bujaraloz-Sariñena, unidad Remolinos-Lanaja y unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora. Cada una de estas unidades está constituida, de forma muy general, por sedimentos aluviales distales en la base, y por sedimentos lacustre-palustres en el techo. Esta ordenación se interpreta como el resultado de la progradación de los sistemas aluviales hacia el centro de la cuenca, en la base de cada una de las unidades diferenciadas.

La unidad genético-sedimentaria de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca está formada por una parte basal detrítica (areniscas y lutitas) depositada en ambientes distales de un aparato de abanicos aluviales de procedencia pirenaica y otra superior de naturaleza margo-carbonatada correspondiente a un sistema lacustre de aguas con salinidad normal.

Durante el Mioceno inferior (Ageniense-Aragoniense) se depositan otras cuatro unidades genético-sedimentarias, que de muro a techo se denominan Galocha-Ontiñena, Bujaraloz-Sariñena, Remolinos-Lanaja y Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora. Las tres primeras presentan unas características sedimentarias y de evolución de facies similares: Alternancias de materiales detríticos -arcillas, areniscas en paleocanales- y margo-carbonatados, correspondientes a partes distales de un complejo de abanicos aluviales de procedencia septentrional, con desarrollo de sistemas fluviales meandriformes y sistemas lacustres carbonatados. En las partes más internas de los mismos, llegan a desarrollarse condiciones hipersalinas que permiten la deposición de evaporitas en ambientes de orla de lago salino. Este hecho es particularmente evidente en las Unidades Bujaraloz-Sariñena y Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora, mientras que en la Unidad Galocha-Ontiñena el depocentro sedimentario se localizaría más al suroeste de la zona.

La unidad más joven aflorante (U. de Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora) apenas constituye dos pequeños relictos en lo alto de la Sierra de Ontiñena. Estos depósitos corresponderían a zonas muy distales de llanuras aluviales, casi rozando ambientes lacustre-palustres, aunque por datos obtenidos en hojas próximas (Lanaja y Castejón de Monegros) se puede indicar que presenta una evolución de litofacies equivalente a las unidades anteriores.

Desde este momento y hasta tiempos recientes, no existe registro sedimentario en la hoja de Lanaja. Por consideraciones regionales, puede indicarse que la sedimentación debió prolongarse a lo largo del Mioceno con características similares.

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

En el tránsito Mio-Plioceno se produce un fuerte cambio en las condiciones de sedimentación de la cuenca. Tras la apertura por parte del río Ebro de una salida a través de los Catalánides, se modifica el régimen endorreico dominante hasta entonces, siendo posible el desagüe exorreico de la misma hacia el Mediterráneo.

Desde este momento -y durante todo el Cuaternario- se produce una alternancia de etapas denudativas y acumulativas 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 acumulativas permiten la formación de sucesivos niveles de glacis y terrazas asociados 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 actividad minera tanto en minerales como en rocas industriales en esta hoja es muy escasa. Se tienen documentados dos permisos de exploración para sustancias C, el nº 2673, "Prolagus", de 1728 cuadrículas y el nº 2658, "Castillo", de 1287 cuadrículas que dos firmas explotadoras de arcillas especiales tienen en activo; sin que se tengan más datos al respecto.

#### **5.1.1. Minerales no metálicos**

Se han señalado dos indicios. El primero (nº 2) corresponde a los más de 200 m de anhidrita (con dolomías) cortados por el sondeo petrolífero Ebro-2 (1978) a partir de 1355 m de profundidad, en un tramo del Lias inferior. A este tramo hay que añadir los 536 m de sal cortados por el mismo sondeo a partir de 2390 m de profundidad y pertenecientes al Muschelkalk.

El segundo indicio (nº 5) corresponde a un tramo de margas lignitíferas con yesos de edad Oligoceno cortado por el sondeo petrolífero Candasnos-1 (1963) desde los 80 a 150 m de profundidad. En este mismo sondeo se cortaron casi 200 m de anhidrita con dolomía del Lias inferior a 1303 m. de profundidad.

#### **5.1.2. Minerales energéticos**

Como describe la columna del sondeo Candasnos-1 la cuenca lignitífera de Mequinenza se extiende al noroeste ocupando el sector sureste de esta hoja. Pero la indefinición de la columna disponible impide aportar datos más precisos a este respecto.

#### **5.1.3. Rocas industriales**

En el pasado era normal que cerca de cada núcleo de población al menos hubiera una explotación de arcillas para la fabricación de ladrillos y tejas para el mercado local. En esta hoja con solo cuatro núcleos de población no existen referencias de actividad reciente al respecto.

Se han señalado tres indicios de arcillas para la fabricación de cerámica estructural, correspondientes a tres yacimientos señalados en el Proyecto 131/86 del IGME, "Posibilidades de arcillas especiales en Aragón, 1ª Fase".

El primer indicio (nº 1 en el mapa) situado al sur de Ontiñena corresponde a una potencia media de 4 m de una serie de arcillas y margas grises con areniscas intercaladas, correspondientes a los depósitos continentales del Mioceno. Se trata de arcillas illíticas con caolinita, clorita y cuarzo, que muestran la siguiente composición:

#### **Composición**

SiO<sub>2</sub>: 54.76 %  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 24.14 %  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 6.35 %  
CaO: 0.50 %  
K<sub>2</sub>O: 3.55 %

#### **Granulometría**

Siendo: 98.7 % < 1/16 mm.  
y: 63.7 % < 1/256 mm.

El segundo indicio (nº 3) situado sobre el punto kilométrico 47 de la Ctra. de Candanos a Ontiñena consiste en 2 m de una serie de margas grises con niveles arcillosos y paleocanales arenosos. Son arcillas similares a las anteriores, con la siguiente composición:

#### **Composición**

SiO<sub>2</sub>: 53.06 %  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 23.78 %  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 6.19 %  
CaO: 0.52 %  
K<sub>2</sub>O: 4.64 %

#### **Granulometría**

Siendo: 99 % < 1/16 mm.  
y: 76 % < 1/256 mm.

El tercer indicio (nº 4 del mapa) situado 3 km al norte de Peñalba, se encuentra en la Fm. Alcubierre (Mb. Los Arcos). Tiene una potencia de 2 m (sobre el perfil muestreado) y está compuesto por una serie de arcillas verdosas con margas y areniscas micáceas intercaladas. De naturaleza similar a las anteriores contienen:

#### **Composición**

SiO<sub>2</sub>: 52.33 %  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 23.45 %  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 7.41 %  
CaO: 0.15 %  
K<sub>2</sub>O: 5.21 %

#### **Granulometría**

Siendo: 99 % < 1/16 mm.  
y: 72.3 % < 1/256 mm.

**MINERALES METALICOS Y NO METALICOS**

<b>Nº</b>	<b>COORDENADA UTM</b>	<b>LITOLOGIA</b>	<b>MUNICIPIO Y PROVINCIA</b>	<b>SUSTANCIA</b>	<b>NATURALEZA DEL DEPOSITO</b>	<b>OTROS DATOS</b>
1	X: 257.320 Y: 4617.010 Z: 235 m	Arcillas y margas gris-verdes con intercalaciones de areniscas. (Fm. Alcubierre)	Ontiñena (Huesca)	Arcilla común	Sedimentario (Continental)	Citado como yac. de arcilla común (potencia 4 m) en el proyecto 131/86 (IGME). Uso potencial: ladrillería.
2	X: 740.920 Y: 4614.400 Z: 452 m	Calizas, dolomías, margas. (Triás)	Sena (Huesca)	Anhidrita y Sal sódica	Sedimentario (Evaporítico)	El sondeo petrolífero "Ebro-2" (978) cortó importantes niveles de anhidrita y sal que pueden suponer potenciales yac. de importancia en el futuro.
3	X: 255.425 Y: 4604.400 Z: 340 m	Margas grises, con niveles arcillosos alternando y areniscas en paleocanales. (Fm. Alcubierre)	Ballobar (Huesca)	Arcilla común	Sedimentario (continental)	Citado como yacimiento de arcilla común (para ladrillería), con 2 m de potencia, en el proyecto 131/86 (IGME).
4	X: 746.625 Y: 4601.650 Z: 285 m	Arcillas verdosas, con intercalaciones de margas y areniscas. Calizas a techo. (Fm. Alcubierre) (Mb. Castejón)	Peñalba (Huesca)	Arcilla común	Sedimentario (continental)	Citado como yacimiento de arcilla común (para ladrillería), con 2 m de potencia, en el proyecto 131/86 (IGME).
5	X: 257 Y: 4597 Z: 282 m	Margas, calizas, dolomías (calizas y arcillas).	Candasnos (Huesca)	Anhidrita (Lignitos)	Sedimentario Evaporítico (Fluviolacustre)	El sondeo petrolífero "Candasnos-1" (1963) cortó en los primeros 500 metros capas lignitosas de la cuenca de Mequinenza. También, más profundo, un importante nivel de anhidrita (potencial yacimiento de importancia en el futuro).

## 5.2. HIDROGEOLOGIA

En la hoja de Peñalba, comprendida en la comarca de Los Monegros, no aflora ninguna formación con interés hidrogeológico a escala regional. Solamente se distingue en el extremo noreste una pequeña parte del aluvial del río Alcanadre, que está incluido dentro del sistema acuífero número 62 -Aluvial del Ebro y Afluentes (ver figura 11).

Con características hidrogeológicas mucho más pobres se pueden considerar las areniscas de la unidad cartográfica 5, los materiales carbonatado-evaporíticos de las unidades 10 y 11, y los depósitos cuaternarios de glaci, coluviales, rellenos de "vales", etc.

La escasez de población, la climatología adversa, la ausencia de materiales con buenas características hidráulicas y los cultivos predominantemente de secano condicionan el bajo uso de las aguas subterráneas, que únicamente se utilizan para el abrevamiento de ganado de pastoreo.

La recarga se realiza por la infiltración de la lluvia, y la descarga, puesto que el volumen de explotación es mínimo, se produce a través de surgencias, en general de carácter difuso.

El inventario total de la hoja es de 19 puntos, de los cuales 2 son sondeos de petróleo, 5 manantiales, 7 pozos, 4 balsas y 1 punto de aforo de un curso superficial que es colector de varias surgencias difusas. Su distribución se expone en el cuadro adjunto:

OCTANTE	NATURALEZA (*) Nº DE PUNTOS				TOTAL
	M	P	S	O	
1	-	-	1	-	1
2	-	1	-	-	1
3	-	-	-	-	-
4	3	-	-	2	5
5	-	-	-	-	-
6	-	1	-	1	2
7	-	1	-	-	1
8	2	4	1	2	9
TOTAL	5	7	2	5	19

\* Naturaleza

M - Manantial

P - Pozo

S - Sondeo

O - Otros

La facies hidroquímica predominante en las aguas subterráneas es la sulfatada-clorurada sodi-co-cálcica, con una mineralización media-alta, llegando a resultar salobres en algunos casos.

Con respecto a los estudios realizados en el área, prácticamente no se ha efectuado ninguno hasta finales de la década de los 80. Fue entonces, cuando con el fin de evaluar el impac-

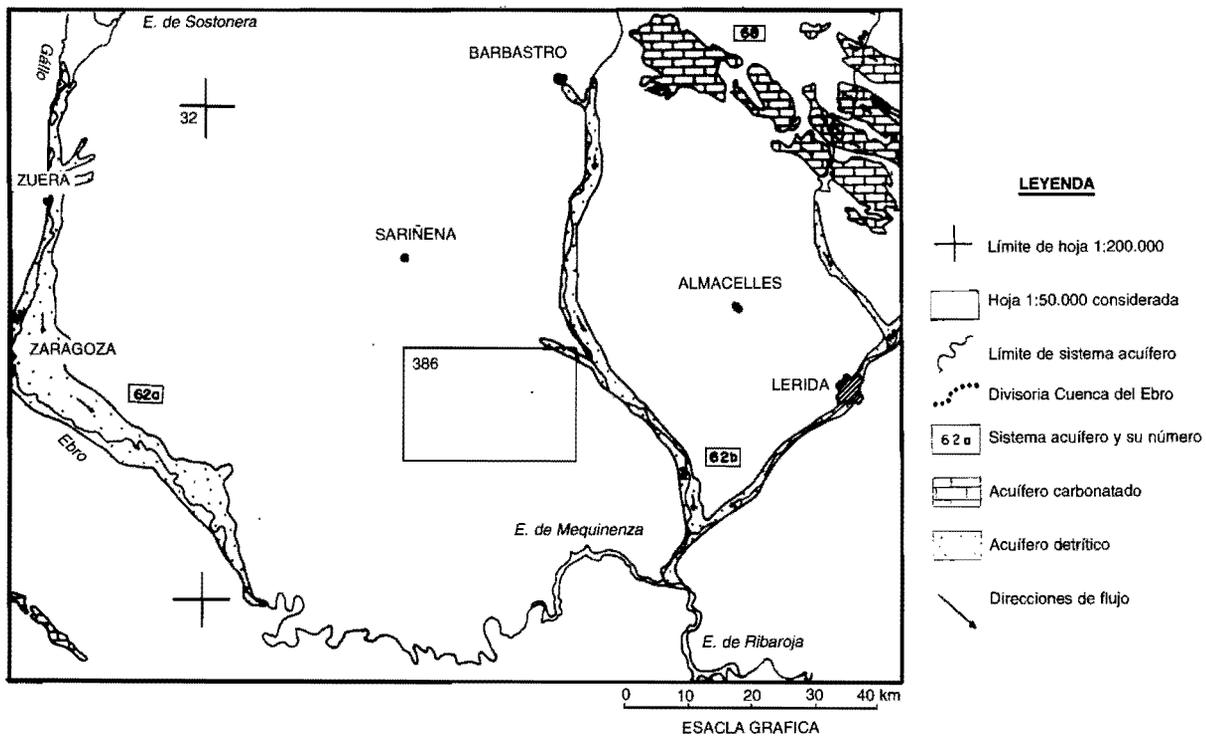


Fig. 11. Esquema hidrogeológico regional

to de la puesta en regadío de amplias zonas en la comarca de Monegros, se estudiaron aspectos hidrogeológicos. Sobre todo están dirigidos al estudio de la influencia en las lagunas que se sitúan más al sur (hoja de Bujaraloz).

Entre los organismos dedicados a este tema se pueden citar el CSIC-MOPU, el Instituto de Estudios Altoaragoneses, la Diputación General de Aragón, y el IRYDA, así como las Universidades de Zaragoza y Politécnica de Barcelona.

### 5.2.1. Climatología

Dentro de la hoja se ubican 8 estaciones de control del I.N. de Meteorología, tres de las cuales recogen temperaturas además del registro pluviométrico. La estación con un período de registro más prolongado es la 9578-Candasnos, con una serie de 32 años.

La precipitación media anual en la zona, tal como queda reflejado en el mapa de isoyetas (Fig. 12), se sitúa entre 300 y 400 mm. Las precipitaciones son escasas y de carácter torrencial. Las estaciones del año más lluviosas son la primavera y el otoño.

La temperatura media es de 16°C, con una oscilación térmica anual importante, de 21.9°C entre la máxima de julio (27,4°C) y la mínima de enero (5,5°C).

La evapo-transpiración anual calculada según Thornthwaite es del orden de 800 mm., con lo que el déficit de agua en la zona es acusado, sobre todo en los meses de verano.

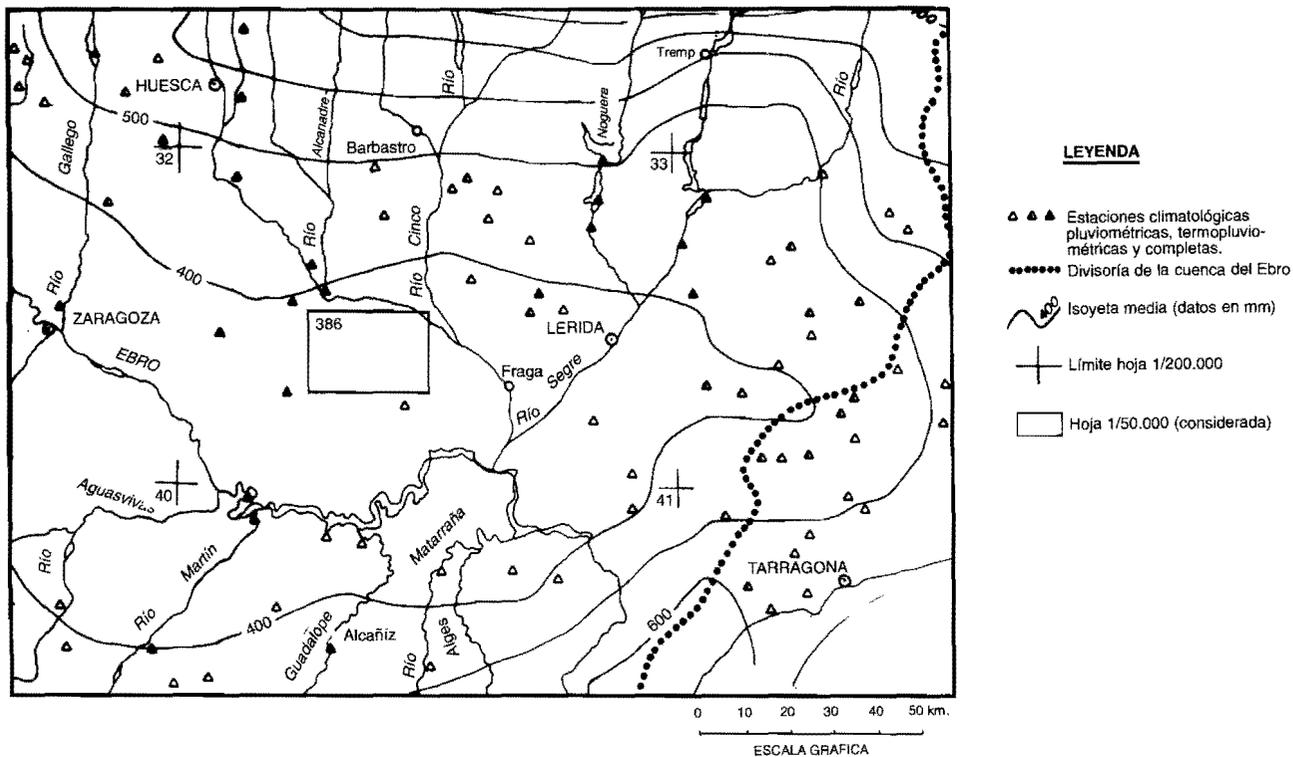
Según la clasificación de Papadakis, la hoja de Peñalba presenta un clima Mediterráneo Continental Templado, con invierno Avena Cálido, verano Arroz y régimen de humedad Mediterráneo Seco.

### 5.2.2. Hidrología

Todo el área es tributaria del río Ebro pudiéndose distinguir 2 vertientes principales: algo más de la mitad occidental de la hoja es drenada por una serie de barrancos de funcionamiento esporádico que vierten sus aguas directamente al río Ebro. El resto de la superficie es tributaria del río Alcanadre. En el esquema hidrogeológico vienen representadas aquellas cuencas que se distinguen según la clasificación decimal de ríos del MOPU.

Además del río Alcanadre, los únicos cursos con carácter permanente son el Barranco del Reguero y el Val de Antón resultando el resto barrancos que funcionan solamente en relación con los episodios de precipitación.

Una característica de esta zona es la presencia de balsas, normalmente acondicionadas antrópicamente donde se acumula agua procedente sobre todo de la escorrentía superficial. Entre éstas, las de mayor extensión se encuentran en el margen oriental de la hoja y son El Basal y El Basalet de Don Juan. Es evidente su relación con los aportes de aguas superficiales pero



**Fig. 12** mapa regional de isoyetas medias

tampoco es descartable la influencia que puedan tener de aguas subterráneas, como parece demostrarse para las lagunas situadas más al sur, en la zona de Bujaraloz.

### 5.2.3. Características hidrogeológicas

El aluvial del río Alcanadre es la formación con mejores características hidrogeológicas, pese a su escasa representación dentro de la hoja. Otras unidades con cierto interés, aunque con carácter mucho más local son el resto de materiales cuaternarios (rellenos de “vales”, piedemontes, glaci), las areniscas miocenas aflorantes en el sector centro-septentrional, y la alternancia carbonatado-evaporítica de la mitad meridional de la hoja. Por un lado se tratarán los acuíferos correspondientes a materiales terciarios y por otro aquellos relacionados con depósitos cuaternarios.

#### 5.2.3.1. Acuíferos terciarios

##### 5.2.3.1.1. Areniscas de la U. Bujaraloz-Sariñena (5)

Los potentes bancos de arenisca incluidos en el nivel 5 de la cartografía geológica, pueden presentar cierta permeabilidad, siempre de grado bajo, que además va disminuyendo hacia el sur, según aumenta el contenido en arcillas.

##### 5.2.3.1.2. Materiales carbonatado-evaporíticos de la U. Remolinos-Lanaja (10-11)

La permeabilidad asociada a estos niveles se puede estimar como baja-muy baja, pero esta formación tiene un interés hidrogeológico singular al situarse sobre ella (en la contigua hoja de Bujaraloz) una serie de lagunas ecológicamente importantes que pueden verse afectadas por el plan de regadío previsto para la zona.

Existen 2 hipótesis acerca del funcionamiento hidrogeológico de estas formaciones: una de ellas considera a todo el conjunto como un medio poco permeable, con el nivel freático próximo a la superficie, en el que se producen flujos locales, intermedios, y profundos, siendo estos últimos los responsables de la alimentación de estas zonas húmedas; la otra teoría considera un sistema acuífero multicapa superficial que se alimenta de forma directa por la lluvia con salidas hacia las depresiones.

#### 5.2.3.2. Acuíferos cuaternarios

##### 5.2.3.2.1. Aluvial del río Alcanadre

Este acuífero se localiza en la esquina nororiental de la hoja; dentro de ésta sólo aflora su nivel inferior, formado por gravas imbricadas organizadas en barras de canal. En función de esta litología cabe prever una alta permeabilidad.

La recarga del acuífero se produce a través de la infiltración de las precipitaciones y de los retornos de regadío. La descarga, a falta de datos de inventario que sirvan para evaluar la explotación se realiza esencialmente hacia el río.

#### 5.2.3.2.2. Otros depósitos cuaternarios

Dentro de éstos se engloban aquellos depósitos recientes poco consolidados relacionados con aluviales, depósitos de piedemonte, conos de deyección, glaciares, fondos de "vales", etc.

Su extensión tanto en afloramiento como en profundidad es reducida. Esta circunstancia junto a la presencia de una abundante fracción arcillosa y limosa en los sedimentos limitan mucho su importancia como acuíferos.

De entre todos estos depósitos, los más importantes son aquellos asociados al Barranco del Reguero y a los depósitos de piedemonte y glaciares que aparecen en la mitad oriental de la hoja.

#### 5.2.4. Hidrogeoquímica

Como característica general de las aguas subterráneas de la zona hay que destacar su elevada mineralización, que en algunos casos llega a dar naturaleza salobre a estas aguas.

La facies química predominante es la sulfatada-clorurada sodico-cálcica; en varios casos (puntos de inventario 301560001, 301580007) se pueden observar fenómenos de intercambio catiónico Ca-Na.

Según su concentración se pueden distinguir dos grupos, que en general corresponden a unas aguas con residuo seco inferior o en torno a 1000 mg/l y a otras cuyos valores se sitúan por encima de los 4000 mg/l. Es evidente la influencia de la litología en la naturaleza de estas aguas, sobre todo con respecto a las facies yesíferas más solubles. La diferencia en concentraciones se deberá entonces a los distintos tiempos de residencia en el medio (a mayor tiempo, mayor concentración) o a su relación con depósitos superficiales o aguas meteoricas.

### 5.3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES

En la hoja de Peñalba 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 adjunto, se han diferenciado las características geotécnicas más importante de los materiales de la hoja.

## AREA I

Comprende los depósitos terciarios con predominio de facies detríticas y margoso-carbonatadas, que se extienden por todo el ámbito de la hoja.

Dentro de este área se pueden distinguir las siguientes zonas:

### Zona I<sub>1</sub>

A ella pertenecen las unidades cartográficas (1), (3) y (5). Ocupan parte de mitad oriental de la hoja. Está constituida por una alternancia de capas de areniscas, limos y arcillas, de potencias variables (las de areniscas de la unidad 5 pueden alcanzar los 5 m de espesor). La disposición es subhorizontal, con suaves pendientes hacia el suroeste.

Aunque la cementación de las areniscas no es muy completa, sin embargo, esta unidad puede presentar cierta resistencia al ripado, en las zonas en las que los bancos potentes de arenisca sean compactos.

El drenaje tanto superficial como profundo es deficiente.

### Zona I<sub>2</sub>

A ella pertenecen las unidades cartográficas (2), (4), (6), (9), (11) y (12), que se extienden por todo el ámbito de la hoja. Está constituida por una alternancia de calizas, margas y arcillas. Su disposición es subhorizontal, con suaves pendientes hacia el suroeste, excepto en las zonas próximas a las estructuras que cortan a estos materiales por el centro de la hoja.

Puede presentar problemas de ripabilidad en los niveles de caliza cuando éstos alcanzan espesores superiores a 1 m, como ocurre en la unidad cartográfica (11).

Se prevén posibles desprendimientos de bloques de caliza por descalce de los niveles margosos subyacentes.

La permeabilidad diferencial entre calizas y margas puede ser causa de pequeños manantiales en los niveles superiores. Buen drenaje superficial.

## AREA II

Comprende los depósitos terciarios en cuya composición figuran niveles yesíferos. Se extienden por la mitad suroccidental de la hoja.

Dentro de este área se distinguen las zonas:

### *Zona II,*

A ella pertenecen las unidades cartográficas (7) y (10). Está formada por margas, arcillas y calizas con yesos nodulares. Las arcillas y margas se presentan en forma masiva.

Este grupo puede presentar problemas importantes, derivados de la escasa permeabilidad de las arcillas y margas, unido al mal drenaje superficial por la horizontalidad del terreno.

También se prevén problemas de agresividad a los hormigones derivados de la presencia de yesos.

Posibilidad de aterramientos. Formación ripable.

### *Zona II<sub>2</sub>*

A ella pertenece la unidad cartográfica (8). Está formada por yesos nodulares y tabulares con margas. Presentan un aspecto masivo o laminado.

No son ripables y en conjunto se comportan como impermeables, aunque la acción de la escorrentía puede originar problemas de disolución.

Admite taludes subverticales estables.

Estos materiales pueden presentar agresividad a los hormigones, por la acción de los sulfatos.

## *AREA III*

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

Se han distinguido las siguientes zonas:

### *Zona III<sub>1</sub>*

Está formada por las unidades cartográficas: (13), (14), (15), (16), (17), (18) y (19), que constituyen los depósitos de terraza, glacis y Piedemonte Pirenaico. Los materiales que lo componen son gravas, bien rodadas por lo general, de diversos tamaños y de naturaleza poligénica, si bien destacan las calcáreas. Eventualmente presentan cementación, incluso costras calcáreas. También están presentes arenas, limos y arcillas en mayor o menor proporción.

Esta formación es perfectamente ripable y los materiales son aptos para la obtención de gravas y préstamos.

Los taludes se mantienen prácticamente verticales.

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

### *Zona III<sub>2</sub>*

Está formada por las unidades cartográficas: (20), (21), (23), (24), (25) y (26), que constituyen los depósitos de coluvión, conos de deyección, glacis subactual, llanura de inundación, fondo de "vale" y aluviales. Los materiales que la componen son fundamentalmente limo-arcillosos y margosos con cantos.

Carecen de diferenciaciones apreciables en su masa, estando los cantos dispersos irregularmente. Dan lugar a laderas tendidas o áreas llanas.

Es un conjunto ripable, de capacidad portante media baja, con mal drenaje en profundidad y fácilmente encharcable en superficie.

### *Zona III<sub>3</sub>*

Está formada por la unidad cartográfica (22), compuesta por arcillas y limos, depositados en zonas endorreicas. 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 mal drenaje superficial.

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

## **6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO. (PIG)**

La hoja de Peñalba se halla situada en el sector central de la Depresión del Ebro.

Los materiales que la constituyen representan el tránsito Oligoceno-Mioceno y el Mioceno medio, y están constituidos por una notable variedad litológica. En los sectores septentrionales y orientales predominan los materiales detríticos y margo-carbonatados, mientras que en los meridionales se hacen más abundantes los carbonatos y los yesos.

Derivado de esta distribución de materiales el relieve queda modelado en forma de cuestras, con superficies estructurales soportadas por los niveles calizos.

Existe un dominio de depósitos de tipo glacis procedentes de las últimas estribaciones de la Sierra de Alcubierre.

Es de resaltar el importante desarrollo de procesos erosivos sobre todo de tipo *piping*.

La singularidad de los puntos seleccionados viene pues, condicionada por todas estas características generales.

De este modo, y con un conocimiento previo de la geología de la hoja de Peñalba, se ha establecido una selección de posibles PIG usando un método directo de subjetividad compartida (CLAVER, *et al.* 1984) aceptada entre los distintos técnicos que han contribuido en la realización de esta hoja.

De esta selección se han obtenido un total de 7 PIG de interés variado: estratigráfico, sedimentológico, tectónico, etc., con una utilización científico-didáctica principalmente, en un ámbito local y regional en algunos casos.

Usando el mismo método directo de subjetividad aceptada se han escogido un total de 3 puntos de entre los 7 ya establecidos, por ser los que mejor representan los procesos e historia geológica de la zona.

#### FIG. 1

Fosa del valle del Junco. Estructura tectónica de unos 500 m de ancho y 6-7 km de largo, de orientación NE-SO, que afecta a una charnela anticlinal.

#### FIG. 2

Nivel de vulcanitas de la Sierra de Ontiñena. Constituye el mejor afloramiento de un nivel de 0,5 m de espesor de vulcanitas intercalado en la parte detrítica de la Unidad de Bujaraloz-Sariñena. Genéticamente podrá tratarse, bien de un depósito piroclástico retrabajado por una corriente sedimentaria o bien de una secuencia de *base surge deposits*.

#### FIG. 3

“Tollo” del Boquero del Clavijo. Se incluye este punto por ser uno de los lugares donde se observan los procesos geodinámicos externos tan característicos de la zona.

Corresponde a un pequeño cañón de dimensiones métricas, cuya génesis se atribuye al colapso de una gran galería horizontal excavada por procesos erosivos subsuperficiales de *piping*.

## 7. BIBLIOGRAFIA

AGUSTÍ, 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., IBÁÑEZ, M. J., MACHÍN, 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-MARTÍNEZ, N. y SACRISTÁN, M. A. (1987). Succession of micromammal faunas in the Oligocene of Spain. *Münchner Geowiss. Abh.* 10, pp. 43-48.
- ALVAREZ-SIERRA, M. A., DAAMS, R., LACOMBA, J. I., LÓPEZ-MARTÍNEZ, 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.; COLOMBO, F.; ESTÉBAN, M.; MARZO, M.; ROBLES, S.; SANTANACH, P. y SOLÉ SUGRAÑES, L. (1979). Evolución tectonoestratigráfica de Los Catalánides. *Acta Geol. Hisp.*, v. 14, Homenaje a Lluís Solé Sabarís, p. 242-270. 2 mapas.
- ANADÓN, P., CABRERA, LL., 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, LL. 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 N<sub>2</sub> y N<sub>3</sub> 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.
- CABRERA, LL. (1983). *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Oligoceno-Mioceno del SE de la Cuenca del Ebro*. Tesis doctoral. Univ. Barcelona. 443 pp.
- CLAVER, I., AGUILÓ, M., ARAMBURU, M.P., AYUSO, E., BLANCO, A., CALATAYUD, T., CEÑAL, M.A., CIFUENTES, P., ESCRIBANO, R., FRANCÉS, E., GLARIS, G., GONZÁLEZ, S., LACOMBA, E., MUÑOZ, C., ORTEGA, C., OTEROS, J., RAMOS, A. y SÁIZ DE OMEÑACA, M.G. (1984). Guías para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. *Manuales CEOTMA*. nº 3, MOPU, 572 pp.
- 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.
- FRIEND, P. F. (Ed.); HIRST, J. P. P.; HOGAN, P. J.; JOLLEY, E. J.; McELROY, R.; NICHOLS, G. J. y RODRIGUEZ VIDAL, J. (1989). "Pyrenean tectonic control of oligo-miocene river systems, Huesca, Aragon, Spain". *Excursion Guidebook nº 4, 4th International Conference on Fluvial Sedimentology*, Publ. Servei Geològic de Catalunya, 142 p.
- GRACIA, J., GUTIÉRREZ ELORZA, M. y SANCHO MARCÉN, C. (1985). Las etapas terminales del Neógeno-Cuaternario de la Depresión del Ebro en la Plana Negra (provs. de Zaragoza y Navarra). Consideraciones morfogenéticas. *Actas de la I Reuniao do Quaternario Iberico*. Lisboa pp. 367-379.
- HIRST, J.P.P. (1983). *Oligo-Miocene Alluvial Systems in the Northern Ebro Basin, Huesca Province, Spain*. Tesis Doctoral. Univ. Cambridge. 247 pp. Inédita).
- 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 (1981a). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario de Pamplona-Zaragoza (inédito).

- IGME (1981b). 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. (1977a). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- J.E.N. (1977b). 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).
- LANAJA, J.M. (1987). Contribución de la exploración petrolífera al conocimiento de la Geología de España. *IGME*, 465 pp.
- MEIN, P. (1975). Report on Activity. *RCMNS Working groups*. Bratislava, pp. 78-81.
- 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*. Lérida, 373 pp.
- PEÑA, J.L. y SANCHO, C. (1988). Correlación y evolución cuaternaria del sistema fluvial Segre-Cinca en su curso bajo (provs. de Lérida y Huesca). *Cuaternario y Geomorfología*, Vol. 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.
- 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 pp.

- 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. (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.
- SANCHO, (1986). Geomorfología de la región Albalate de Cinca-Candasnos (prov. de Huesca). *Cuad. Inv. Geográfica*, XII, p. 39-58.
- 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.

