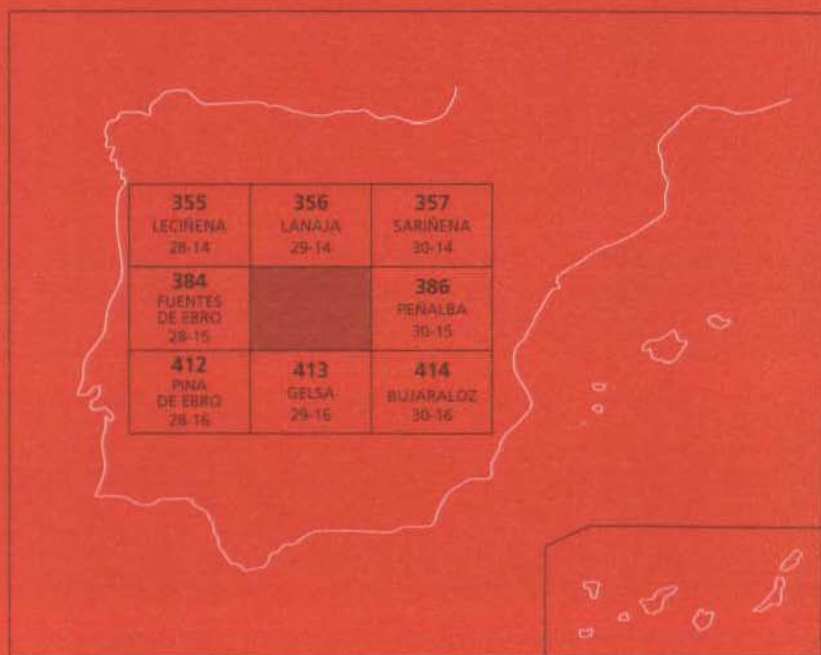




MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



CASTEJON DE MONEGROS

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA

CASTEJON DE MONEGROS

© INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M-2.669-M.

ISBN: 84-7840-326-4

NIPO: 241-96-007-6

Fotocomposición: Rugoma, S.A.

Impresión: Máster Gráfico

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Castejón de Monegros (385) han sido realizados, durante 1990 y 1991 por la Compañía General de Sondeos S. A., habiendo intervenido los siguientes autores:

Mapa Geológico: J. Solà y C. Soriano (CGS)

Mapa Geomorfológico: A. Olivé (CGS)

Memoria*:

Estratigrafía: J. Solà, A. del Olmo, C. Soriano y A. Salazar (CGS)

Geomorfología: A. Olivé (CGS)

Tectónica: J. J. Navarro (CGS)

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

Hidrogeología: R. Rodríguez y F. J. Almoguera (CGS)

Geología Económica: A. García (CGS)

Geotecnia: A. Hernández (CGS)

Han colaborado en aspectos parciales:

Sedimentología de laboratorio: A. del Olmo (CGS)

Micropaleontología: J. Ramírez del Pozo

Micromamíferos: G. Cuenca (Univ. Zaragoza)

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)

INDICE

	<i>Páginas</i>
0. INTRODUCCION.....	9
1. ESTRATIGRAFÍA	11
1.1. Terciario	16
1.1.1. Unidad Galocha-Ontiñena	16
1.1.1.1. Arcillas rojas y yesos nodulares (1). (Ageniense)	19
1.1.1.2. Arcillas versicolores, limos y calizas (2). (Ageniense)	20
1.1.2. Unidad Bujaraloz-Sariñena (Val del Sordo)	21
1.1.2.1. Arcillas rojas con yesos nodulares y capas delgadas de calizas (3). (Ageniense-Aragoniense)	23
1.1.2.2. Alternancia de yesos tabulares verdes con margas y arcillas (4). (Ageniense-Aragoniense)	24
1.1.2.3. Margas y arcillas con yesos nodulares (5). (Aragoniense)	24
1.1.2.4. Yesos nodulares y tabulares con margas yesíferas grises (6). (Aragoniense)	25
1.1.2.5. Yesos tabulares y nodulares de aspecto masivo (7). (Aragoniense)	26
1.1.3. Unidad Remolinos-Lanaja (La Almolda)	27
1.1.3.1. Margas con yeso nodular y capas delgadas de caliza (8). (Aragoniense)	29
1.1.3.2. Alternancia de yesos tabulares y nodulares con margas (9). (Aragoniense)	30
1.1.3.3. Alternancia de arcillas margas y calizas (10). (Aragoniense) ..	30
1.1.3.4. Alternancia de calizas y lutitas, ocasionalmente rojizas (11). (Aragoniense)	31
1.1.4. Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora (Sierra de Sta. Quiteria)	32
1.1.4.1. Lutitas con intercalaciones de capas delgadas de caliza, ocasionalmente con estromatolitos (12) (Aragoniense)	35

1.1.4.2. Calizas tractivas con nódulos de sílex y margas grises (13). (Aragoniense)	35
1.1.4.3. Arcillas rosadas con niveles de yeso nodular, margas grises y capas de caliza (14). (Aragoniense)	36
1.1.5. Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón (Miramon)	37
1.1.5.1. Margas, arcillas ocre y rojizas, capas delgadas de caliza y areniscas tabulares (15) (Aragoniense)	39
1.1.5.2. Calizas tractivas y margas grises (16). (Aragoniense)	39
1.2. Cuaternario	41
1.2.1. Gravas en matriz limo arcillosa (17, 24 y 25). Terrazas. Pleistoceno ...	41
1.2.2. Gravas y cantos con matriz arcillosa (18, 19 y 20). Glacis. Pleistoceno-Holoceno	41
1.2.3. Cantos en matriz limo-arcillosa (21). Coluviones. Holoceno	42
1.2.4. Cantos en matriz limo arcillosa (22). Conos de deyección. Holoceno ..	42
1.2.5. Arcillas y limos con materia orgánica (23). Zonas endorreicas. Holoceno	42
1.2.6. Gravas y cantos en matriz limo arcillosa (24 y 26). Aluviales y fondos de vale. Holoceno	42
2. TECTONICA	43
2.1. Marco tectónico regional	43
2.2. Descripción de la estructura	43
2.3. Evolución tectónica	44
2.4. Neotectónica	44
3. GEOMORFOLOGIA	45
3.1. Descripción fisiográfica	45
3.2. Análisis geomorfológico	45
3.2.1. Estudio morfoestructural	45
3.2.2. Estudio del modelado	46
3.2.2.1. Laderas	46
3.2.2.2. Formas fluviales	47
3.2.2.3. Formas endorreicas	47
3.2.2.4. Formas poligénicas	47
3.3. Formaciones superficiales	48
3.4. Evolución dinámica	48
3.5. Morfodinámica actual y/o subactual	49
4. HISTORIA GEOLOGICA	49
5. GEOLOGIA ECONOMICA	52
5.1. Recursos minerales	52
5.1.1. Minerales no metálicos	52
5.1.2. Rocas industriales	52

	<i>Páginas</i>
5.1.2.1. Aspectos generales e históricos	52
5.1.2.2. Descripción de los materiales	52
5.2. Hidrogeología	54
5.2.1. Climatología	54
5.2.2. Hidrología	55
5.2.3. Características hidrogeológicas	56
5.2.3.1. Depósitos cuaternarios	56
5.2.3.2. Formaciones terciarias	56
5.2.3.3. Hidroquímica	57
5.3. Características geotécnicas generales	57
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.) ...	61
7. BIBLIOGRAFIA	63

0. INTRODUCCIÓN

La Hoja de Castejón de Monegros (385) se halla situada en el sector central de la Depresión del Ebro estando limitada por los meridianos $0^{\circ}31'10'',5$ y $0^{\circ}10'11'',5$, y los paralelos $41^{\circ}40'04'',3$ y $41^{\circ}30'04'',4$. Esta hoja se sitúa en las comarcas naturales de Los Monegros y la Ribera del Ebro y, administrativamente, comparte su superficie entre las provincias de Zaragoza y Huesca.

La parte noroccidental de la hoja viene dominada por los relieves de la Sierra de Alcubierre cuya altitud máxima alcanza los 700 m. El resto de la hoja está dominado por unos relieves suaves, que hacia el sur descienden hasta las inmediaciones del río Ebro (170 m), en el vértice SO de la hoja.

Una de las principales características de la hoja de Castejón de Monegros es la ausencia total de cursos de agua estables pues los existentes son esporádicos y estacionales. Numerosas "vales" (nombre local con que se conoce a los barrancos) con origen en la Sierra de Alcubierre mueren en la llanura que se encuentra a sus pies. Todos estos cursos desaguan, en última instancia, hacia el río Ebro y tienen una marcada dirección noreste-suroeste a excepción de la Val de Zapata, que discurre por el pueblo de Castejón de Monegros con una dirección noroeste-sureste, y conduce sus aguas hacia el Barranco de Valcuerna en la vecina hoja de Peñalba (386).

El clima es de tipo continental árido, o sea con escasas lluvias estacionales de carácter torrencial, temperaturas de invierno y de verano bastante extremas, además de un elevado contraste térmico entre las medias más frías y más calurosas. La pluviosidad es muy baja registrándose unos valores inferiores a los 350 mm. anuales. Por otro lado la inversión térmica es frecuente en el periodo invernal y, por lo tanto, las nieblas suelen ser frecuentes en las zonas bajas. La cobertura vegetal es poco abundante en la hoja si bien en la Sierra de Alcubierre existen bosques de pinos.

El tipo de litología aflorante, el clima, la escasez de vegetación y el mal drenaje existente (los ocasionales arroyos que discurren por las "vales" no tienen la energía suficiente para des-

alojar el material erosionado de las sierras, que se acumula en las mismas "vales") condicionan el uso que del suelo se ha hecho en la hoja. Las zonas con depósito cuaternario (glacis y "vales") están destinadas al cultivo de cereales fundamentalmente. Las zonas donde aflora el substrato terciario se usan como terreno de pasto para ganado ovino.

La densidad de población es baja y sólo existen tres núcleos de población en la hoja; Castejón de Monegros, el pueblo que le da nombre, tiene 983 habitantes mientras que La Almolda y Monegrillo poseen 853 y 703 habitantes respectivamente.

La mayor parte de los materiales que configuran el territorio que comprende la hoja, son de edad terciaria (Mioceno inferior-medio) y, en pequeña proporción, existen materiales de edad cuaternaria, que recubren a los anteriormente citados.

La distribución de facies de los sedimentos terciarios presentes en la hoja corresponde, a grandes rasgos, a la distribución general de la cuenca oligo-miocena. La Sierra de Alcubierre se halla dominada por sedimentos margo-carbonatados procedentes de los sistemas aluviales del Pirineo. El resto de la hoja está constituida por sedimentos margo-yesíferos y yesíferos de procedencia predominantemente pirenaica, a excepción del sedimento del extremo SSO de la hoja que procede de los sistemas aluviales de la Cordillera Ibérica.

Los sedimentos de edad cuaternaria son variados. Los materiales más abundantes consisten básicamente en depósitos aluviales que recubren los fondos de los "vales". En la zona central de la hoja, y formando una franja alineada SE-NO, se desarrollan gran cantidad de glacis procedentes de la Sierra de Alcubierre ubicada hacia el NNE. Finalmente cabe destacar que en el extremo SO de la hoja se han diferenciado tres niveles de terraza del río Ebro.

La distribución de facies anteriormente descrita es la que condiciona la geomorfología general de la hoja. El modelado resultante consiste en un relieve en cuevas y mesas en las zonas donde aflora sedimento margo-carbonatado. En las zonas donde existe predominio de sedimento margo-yesífero y yesífero se ha desarrollado una amplia red fluvial que se encaja en dichos materiales y da lugar a un relieve alomado.

La actividad tectónica ha afectado de forma muy tenue a estos materiales. Existe un ligero buzamiento generalizado hacia el oeste y suroeste que se corresponde con la dirección general hacia el centro de la cuenca. Además, existen abombamientos y morfologías sinformes y antiformes de poca continuidad que en el sector central y meridional de la hoja que pueden ser debidas a procesos halocinéticos, o sea, a procesos de deformación debidos a la presencia de sedimentos evaporíticos en superficie y en subsuelo. Cabe destacar que se han observado dos sistemas de diaclasas-fracturas que, a grandes rasgos, poseen una orientación NE-SO y NO-SE.

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

Entre los trabajos previos relativos a la cartografía geológica de la Cuenca endorreica del Ebro cabe citar a los de RIBA (1955 y 1961) para el sector occidental de la Cuenca (Corredor de la Bureba y subcuencas de Miranda y de Treviño), el de QUIRANTES (1969, publicado en 1978) para el sector central de la Cuenca, los de la J.E.N. (1977 a, b) para la mitad septentrional de los sectores central y oriental de la Cuenca, los del IGME (1975, 1985) en las cuencas ligníferas de Calaf y Mequinenza, el de la J.E.N. (1979-81) para el sector sur-oriental. Trabajos posteriores IGME (1981 a, 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, Puigreg, 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 Castejón de Monegros, se han levantado un total de 8 columnas estratigráficas que han respaldado el estudio cartográfico. Se han realizado además los habituales estudios de sedimentología, tectónica y geomorfología. Asimismo se ha procedido a la recolección de muestras para el estudio petrográfico y para el estudio de micromamíferos.

1. ESTRATIGRAFIA

En la hoja de Castejón de Monegros, como se ha mencionado en el capítulo de introducción, se hallan representados parte de los materiales miocenos que colmatan la parte central de la Depresión del Ebro.

En la hoja existen tres principales dominios litológicos que están constituidos por: (1) alternancia de tramos margosos y tramos calcáreos, en los sectores norte y noreste (Sierra de Alcubierre); (2) alternancia de tramos margosos y margo-yesíferos en gran parte del sector central, y (3) alternancia de yesos y margas yesíferas en el sector sur y suroeste del territorio.

De esta forma, en la hoja existe una evolución de facies, continua y gradual, que se realiza desde el noreste, donde existe un dominio de facies más proximales, hacia el OSO donde las facies son más distales.

Los sistemas deposicionales aluviales que han proporcionado los materiales terrígenos (aunque muy distales) presentes en el territorio son: el Sistema de Huesca (HIRST y NICHOLS,

1986), de procedencia pirenaica y situado hacia el área nor-oriental de la zona, y los sistemas aluviales procedentes de la Cordillera Ibérica, cuyas facies de tránsito aluvial distal-margen de lago salino se hallan representadas en el sector suroeste de la hoja.

En las zonas situadas al sureste de Castejón de Monegros, al norte de Monegrillo y en el sector suroccidental de la hoja se aprecia una interdigitación de los ambientes deposicionales de margen de lago salino-lago salino con los sistemas deposicionales lacustre-palustres. Esta interdigitación permite observar una ordenación vertical rítmica de los sedimentos en este sector. La base de cada ritmo corresponde a un cambio brusco de facies entre sedimentos lacustre-palustres abajo y depósitos de margen de lago salino/lago salino arriba mientras que el tránsito de unos sedimentos a los superiores, dentro del propio ritmo, se produce de forma gradual.

El estudio de esta ritmicidad ha permitido distinguir dentro de la zona, cinco secuencias que se han denominado como unidades genético-sedimentarias. La correlación de los límites de estas unidades hacia el oeste, ha permitido diferenciarlas en sectores más cercanos al centro de la cuenca, donde todo el sedimento presente ha evolucionado a facies de margen de lago salino y de lago salino. De la misma forma, la cartografía de estos límites, hacia áreas relativamente marginales de la cuenca, donde solamente existen facies detríticas, ha permitido distinguir los ambientes de abanico aluvial distal que corresponden a cada una de estas unidades.

Trabajando bajo este punto de vista, se han diferenciado, en la parte central de la cuenca del Ebro, un total de veinte unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendida entre el Priabonense y el Aragoniense-Vallesiense. De todas estas tan sólo cinco se hallan presentes en la hoja y tienen una edad comprendida entre el Mioceno inferior (Ageniense) y el Mioceno medio (Aragoniense-Vallesiense). Estas unidades reciben, de base a techo, los nombres de: Unidad Galocha-Ontiñena, Unidad Bujaraloz-Sariñena, Unidad Remolinos-Lanaja, Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora y Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón.

Dentro del área de la hoja, aflora la parte superior de la Unidad Galocha-Ontiñena, Unidad Bujaraloz-Sariñena (Val del Sordo), Unidad Remolinos-Lanaja (La Almolda), Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora (Sierra de Sta. Quiteria) y Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón (Miramón) (ver figuras 1 y 2). Las dos unidades que poseen una mayor área de afloramiento son la Unidad Bujaraloz-Sariñena (Val del Sordo) y la Unidad Remolinos-Lanaja (La Almolda) por lo cual es en ellas dónde mejor se pueden observar las evoluciones laterales de sus facies.

La correlación de estas unidades genético-sedimentarias con las unidades litoestratigráficas definidas por QUIRANTES (1978), se puede observar en la figura 1.

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

EDAD			UNIDADES GENETICO- SEDIMENTARIAS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS Quirantes, 1969		DESCRIPCION DE LAS LITOLOGIAS HOJA DE CASTEJON DE LOS MONEGROS	YACIMIENTOS PALEONTOLOGICOS
SERIE	PISO	U. MEIN					
MIOCENO	ARAGONIENSE	MN-5	U. SIERRA DE LANAJA- MONTES DE CASTEJON	Fm. SARIÑENA Fm. ZARAGOZA	Mb. CASTEJON	16. Calizas tractivas y margas grises. 15. Margas, arcillas ocre y rojizas, capas delgadas de caliza y de areniscas tabulares.	– Puig Ladrón – Monegrillo (1)
		MN-4b	U. SIERRA DE PALLARUELO MONTE DE LA SORA			14. Arcillas rosadas con niveles de yeso nodular, margas grises y capas de caliza. 13. Calizas tractivas con núdulos de sílex y margas grises. 12. Lutitas con intercalaciones de capas delgadas de caliza, ocasionalmente con estromatolitos.	
		MN-4a	U. REMOLINOS-LANAJA			11. Alternancia de calizas y lutitas, ocasionalmente rojizas. 10. Alternancia de arcillas, margas y calizas. 9.- Alternancia de yesos nodulares y tabulares con margas. 8.- Margas con yeso nodular y capas delgadas de caliza.	
		MN-3b	U. BUJARALOEZ-SARIÑENA			7. Yesos tabulares y nodulares de aspecto masivo con margas yesíferas grises. 6. Yesos nodulares y tabulares con margas yesíferas grises. 5. Margas y arcillas con yesos nodulares. 4. Alternancia de yesos tabulares verdes con margas y arcillas. 3. Arcillas rojas con yesos nodulares y capas delgadas de caliza.	
		MN-3a					
	AGENIENSE	MN-2b	U. GALOCHA - ONTINENA		2. Arcillas versicolores, limos y calizas. 1. Arcillas rojas y yesos nodulares.	– Peñalba – Campos del – Abuelo (1)	
		MN-2a					

Fig. 1. Cuadro sintético de los materiales miocenos de la Hoja de Castejón de Monegros

(1) Azanza, com. pers

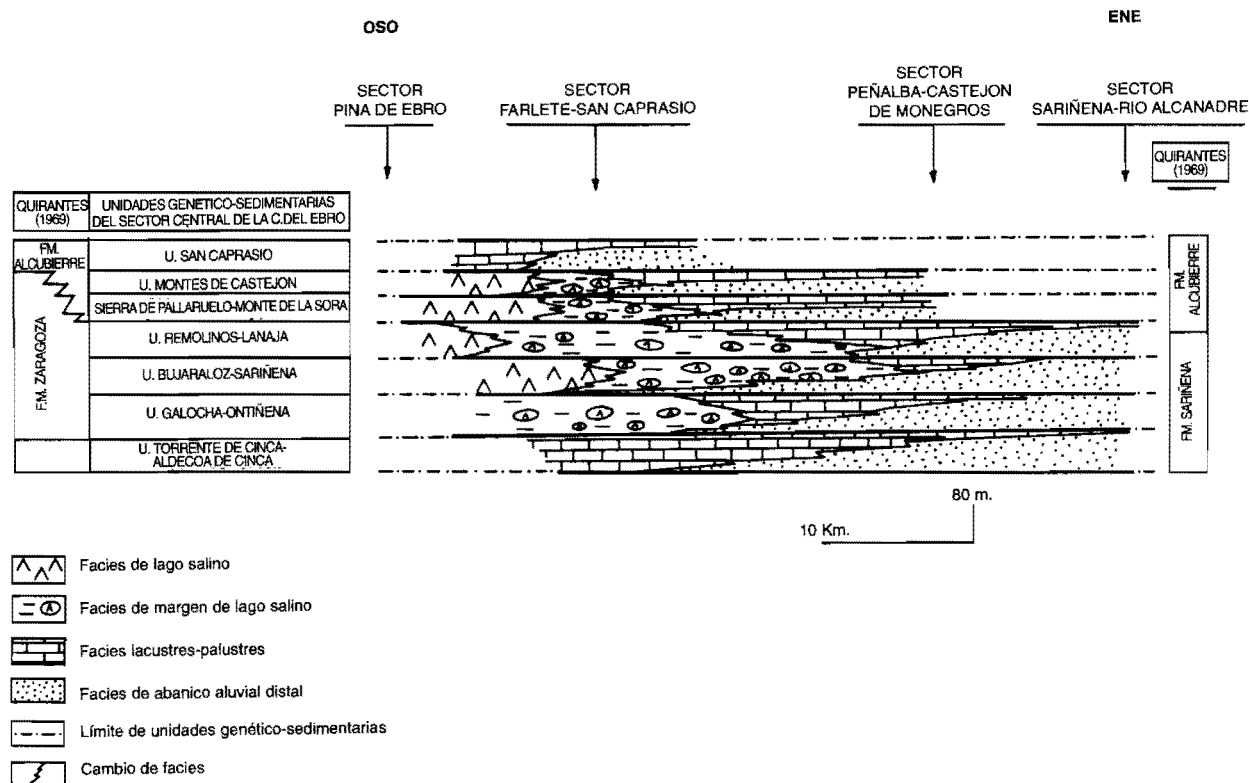


Fig. 2. Modelo secuencial de las unidades genético-sedimentarias del sector de los Monegros

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	— Puig Ladrón Casero 1 Santa Quiteria Marga 3 — Peñalba — Campos del Abuelo — Chalamera 1 — Ontiñena 1 - Clara 1 — Autol, Santa Cilia (3)	— Monegrillo (1) — Tudela 1, 2 (4) — . Paridera del Cura (2) — . Mas de Santiaguét (2) — . Galocha 1,3 — . San Juan		
	ARAGONIENSE	SUP.	MN-8 MN-7 MN-6	N2	U. SIERRA DE LANAJA-MONTES DE CASTEJON				
		MED.	N1	MN-5	U. SIERRA DE PALLA-RUELO-MONTE DE LA SORA				
				MN-4b	U. REMOLINOS-LANAJA				
				MN-4a	U. BUJARALOEZ-SARIÑENA				
		INF.		U. GALOCHA-ONTIÑENA					
	AGENIENSE	MN-2a MN-1	T4	U. TORRENTE DE CINCA ALCOLEA DE CINCA					

Fig. 3. Ensayo de correlación de las unidades genético-sedimentarias diferenciadas en la hoja y las unidades tectosedimentarias de Pérez et al (1988).

- (1) AZANZA, com. pers.
 (2) CUENCA, et al. (1989)
 (3) ALVAREZ SIERRA, et al. (1990)
 (4) PEREZ et al. (1989)

Dentro del territorio que comprende la hoja, con anterioridad a este estudio, se realizó el sondeo de investigación petrolífera Monegrillo-1.

Finalmente, cabe mencionar que los depósitos cuaternarios, dentro de la hoja, son de poca entidad a excepción de una franja central alineada según la dirección SE-NO. En esta franja situada al pie de la Sierra de Alcubierre afloran ampliamente los glacis procedentes de la sierra. En el extremo suroeste de la zona estudiada, se han distinguido tres niveles de terraza del río Ebro. En el resto del territorio únicamente son destacables los depósitos de fondo de valle y de coluviones de diferente extensión areal.

1.1. Terciario

1.1.1. *Unidad Galocha-Ontiñena*

Esta unidad tiene unos afloramientos muy reducidos que se localizan en el vértice suroccidental de la hoja.

A grandes rasgos se puede precisar que en esta hoja, la unidad Galocha-Ontiñena, está constituida por dos litofacies distintas. La parte inferior de la unidad está compuesta por arcillas de color rojo intenso, con intercalaciones de niveles nodulares de yeso alabastrino, mientras que la parte superior está constituida por arcillas versicolores edafizadas, limos y capas centimétricas de caliza. Estos materiales son equivalentes a parte de las formaciones Sariñena, Zaragoza y Alcubierre de QUIRANTES (1978). De acuerdo con consideraciones regionales y la situación geográfica de los afloramientos, es probable que estos sedimentos hayan sido aportados por sistemas aluviales de procedencia ibérica.

La potencia total de la unidad no puede evaluarse en la hoja debido a que tan sólo afloran sus 20 a 25 m. finales. Los sedimentos correspondientes a esta unidad tan sólo se han podido reconocer en la columna (04) El Noble, en la cual se han medido los últimos 7 m.

Debido a lo reducido de su área de afloramiento no se puede apreciar la evolución temporal ni espacial de esta unidad en esta hoja; sin embargo sí es posible apreciarla en áreas vecinas.

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la Unidad Galocha-Ontiñena se ha caracterizado en las hojas de Sariñena (357) y de Lanaja (356), donde presenta facies aluviales procedentes del Pirineo y que forman parte del Sistema de Huesca (HIRST y NICHOLS, 1986). En el sector meridional de la hoja de Sariñena, las facies aluviales están solapadas por facies carbonatadas de origen lacustre-palustre, que constituyen el techo de la unidad. Hacia el área comprendida en las hojas de Peñalba (386), Fraga (387), Mequinenza (415) y la parte oriental de la hoja de Bujaraloz (414), está formada por facies aluviales distales (lutíticas), en las que se intercalan diferentes niveles carbonatados en la parte superior. En el sector meridional de la cuenca, ha sido reconocida en las hojas de Caspe (442), Bujaraloz (parte sur) y Gelsa (413). En este área, está formada en la base por sedimentos aluviales, procedentes de la cordillera Ibérica y en el techo, por carbonatos de origen lacustre-palustre. Desde la parte centro-meridional de la hoja de Gelsa hacia la hoja de Castejón de Monegros los materiales que constituyen esta unidad evolucionan hacia sedimentos correspondientes a margen de lago salino. (Ver figura 5).

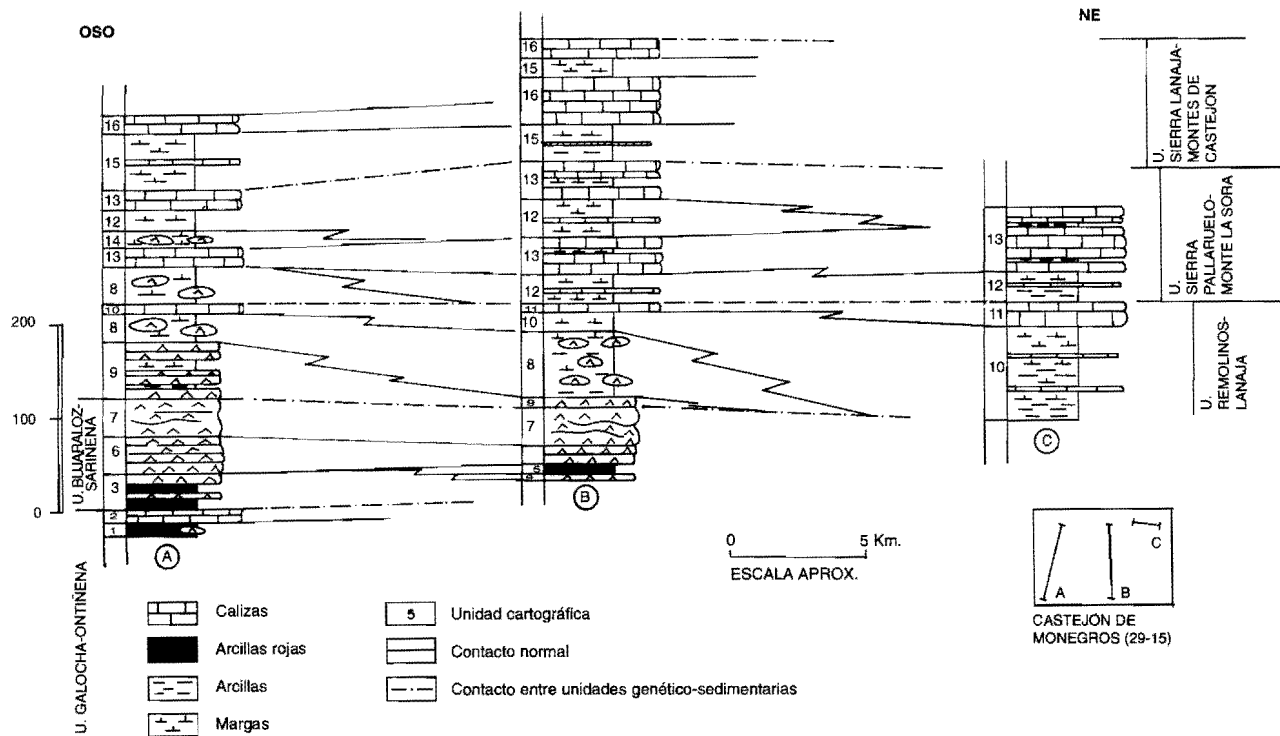


Fig. 4. Columnas generales sintéticas de la Hoja de Castejón de Monegros

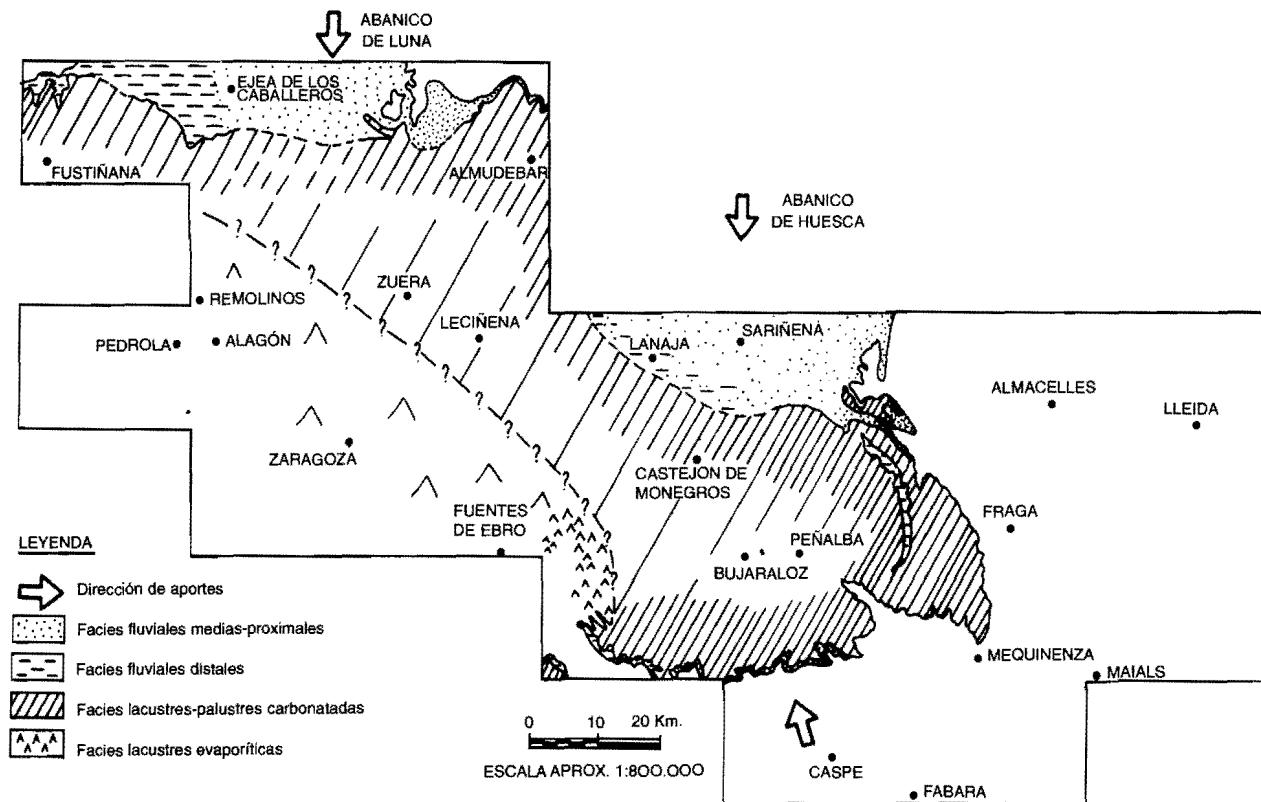


Fig. 5. Esquema de distribución regional de facies de la unidad genético-sedimentaria de Galocha-Ontiñena

También ha sido cartografiada en las hojas de Fustiñana (283), Ejea de los Caballeros (284), Almudevar (285) y Zuera (323), donde presenta una distribución vertical de facies similar a la descrita en los párrafos anteriores y en donde las facies aluviales que constituyen la unidad, forman parte del Sistema de Luna (HIRST y NICHOLS, 1986).

En el ámbito de la hoja, no ha sido posible determinar la edad de esta unidad debido a la carencia de yacimientos de micromamíferos. Sin embargo, en hojas vecinas existen datos paleontológicos de interés que permiten acotar su edad. En la parte superior de la unidad infrayacente dentro de la hoja de Sariñena: Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, CUENCA (1991 a y b) ha estudiado el yacimiento de Ontiñena. En este yacimiento se han identificado restos de micromamíferos correspondientes a la biozona 1 de MEIN (Ageniense). Por otro lado, en la parte media-inferior de la suprayacente unidad de Bujaraloz-Sariñena, dentro de la hoja de Peñalba, AZANZA *et al.* (1988) y CUENCA *et al.* (1989) han estudiado cinco yacimientos paleontológicos en los que se ha encontrado *Ritteneria manca*, especie que caracteriza la biozona 2b de MEIN (1975), correspondiente a la parte superior del Ageniense. Estos datos permiten acotar una edad Ageniense para la Unidad Galocha-Ontiñena.

En el mapa geológico se han diferenciado dos unidades cartográficas que responden a las dos litofacies descritas con anterioridad.

1.1.1.1. Arcillas rojas y yesos nodulares (1). (Ageniense)

Esta es la unidad estratigráficamente más baja que aflora en la hoja. Tiene una representación cartográfica reducida a varios afloramientos puntuales en el sector suroeste del territorio, debido a que se halla recubierta tanto por los materiales aluviales de Val de los Pozos como por los del río Ebro. Ha sido necesario apoyar su reconocimiento en la hoja lindante por el sur, Gelsa, para evidenciar su carácter como unidad cartográfica.

El estudio detallado de las facies de esta unidad se ha realizado en la columna de El Noble (04) aunque, de forma más puntual, han sido observadas en detalle en todo el área de afloramiento. La potencia máxima reconocida de estos materiales es de 10-20 metros por hallarse recubiertos siempre, en su parte basal, por materiales de edad cuaternaria.

Se trata de una unidad constituida básicamente por arcillas rojas y gris-verdosas con niveles lenticulares de yeso nodular. Las arcillas se hallan muy afectadas por fenómenos edáficos, mostrando coloraciones de reducción y ocasionales nódulos de caliche. Los niveles evaporíticos suelen presentarse como grandes nódulos de yeso, de hasta 30 cm de diámetro, de textura alabastrina. En ocasiones las capas de yeso tienen un aspecto tabular y se intercalan entre arcillas de colores grises.

De acuerdo con sus características, esta unidad puede interpretarse como depositada en un ambiente de tránsito entre aluvial distal y margen de lago salino (ver figura 10 E). Entre el sedimento aluvial distal-palustre existiría una circulación de salmueras que habrían propiciado la formación del yeso por crecimiento intersticial en fases tempranas de la diagénesis.

No se ha podido determinar la edad de esta unidad en el ámbito de la hoja, aunque en base a las consideraciones mencionadas en el apartado anterior se le atribuye una edad Ageniense.

1.1.1.2. *Arcillas versicolores, limos y calizas (2). (Ageniense)*

Su área de afloramiento se halla restringida también al extremo suroccidental de la hoja, en los alrededores de la carretera N-II (kms 358-360) y de la carretera que se dirige a Pina de Ebro. Más hacia el sur y sureste aflora ya en la hoja de Gelsa.

El estudio detallado de las facies de esta unidad se ha realizado en la columna de El Noble (04), así como en varios de los afloramientos puntuales que se observan en la Val de los Pozos. La potencia máxima observada dentro de la hoja para estos sedimentos es de unos 10 m, mientras que al sur de la Atalaya, en la hoja de Gelsa, se han llegado a observar entre 15 y 20 m, aproximadamente.

Se trata de una unidad constituida predominantemente por arcillas rojas y gris-verdosas marmorizadas, ocasionalmente limosas, con alguna intercalación de capas calizas. Las arcillas están intensamente bioturbadas y suelen presentar coloraciones de hidromorfismo.

Las capas de caliza muestran un aspecto tabular y tienen un grosor de 8-15 cm alcanzando como grosor máximo entre 25-40 centímetros. Se trata de calizas micríticas con restos de caráceas y abundantes fragmentos de gasterópodos. En ocasiones contienen materia vegetal carbonizada y, debido a su alto contenido en materia orgánica, desprenden un olor fétido. Presentan, además, abundantes señales de bioturbación y trazas de raíces verticales.

Del estudio petrográfico de las capas de caliza se desprende que se trata de biomicritas con restos de caráceas, ostrácodos y gasterópodos.

Esta unidad se interpreta, en función de las facies estudiadas, como depositada en un ambiente palustre-lacustre. Corresponde a un depósito de orla de un aparato aluvial probablemente proveniente del SSE donde se pueden desarrollar niveles calcáreos donde hay lámina de agua y niveles arcillosos edafizados a su alrededor (ver figura 10 B).

El estudio de muestras para micromamíferos ha dado resultados negativos, por lo que se le atribuye a esta unidad una edad Ageniense en función de su posición estratigráfica (ver precisión en el apartado 1.1.1).

En el estudio de levigados se pueden reconocer distintos ostrácodos y caráceas, algunos de valor bioestratigráfico. Cabe destacar las caráceas *Rhabdochara praelangeri* CASTEL, y *Ratziniella nitida* GRAMB cuya asociación limita casi la base del Mioceno (Aquitaniense-Ageniense). Por tanto la edad Ageniense se ve precisada y se puede decir que el techo de la Unidad Galocha-Ontiñena en la hoja de Castejón de Monegros se hallaría muy próximo a la base del Mioceno.

1.1.2. Unidad Bujaraloz-Sariñena (Val del Sordo)

Esta unidad genético-sedimentaria aflora de forma continua a lo largo de todo el sector sur y suroeste de la hoja y es la que ocupa una mayor extensión. Está constituida por varias unidades cartográficas caracterizadas todas ellas por incluir sedimentos de origen evaporítico.

Dentro de la hoja la base de la unidad está constituida por por arcillas rojas, con intercalaciones de yeso nodular, culminadas por una alternancia de margas, arcillas y yesos tabulares verdes. Por encima se encuentra otro nivel constituido por una alternancia de arcillas rojas y margas con yesos nodulares, y ocasionalmente fibrosos, cubiertas por margas con yeso nodular y tabular. Finalmente se dispone una nueva unidad cartográfica por encima de estos sedimentos y en cambio de facies con ellos, que se caracteriza por estar constituida por yeso tabular y nodular con margas yesíferas. En la figura 4 se pueden apreciar las relaciones laterales y verticales entre las cinco litofacies distinguidas dentro de esta unidad genético-sedimentaria.

La potencia total de la unidad puede cifrarse en 110-120 m aunque debido a lo extenso de su afloramiento es de difícil precisión. Se ha estudiado en varias columnas aunque en ninguna de ellas se ha podido medir la totalidad de sus materiales. En la columna de El Noble (04) se han podido medir los 13 m basales de la unidad y en la columna del sur de la N-II (05) se han medido los 80 m siguientes. En las columnas de Val de Tuerta (06) y Pico María Hernández (07) se han medido 28 y 30 m, respectivamente, correspondientes a la parte superior.

El límite entre esta unidad genético-sedimentaria y la inferior, Unidad Galocha-Ontiñena, se sitúa en el contacto entre las facies de origen palustre-lacustre del techo de ésta última y las facies evaporíticas que constituyen la base de la unidad considerada ahora. Este tipo de contacto que limita dos unidades genético-sedimentarias refleja, a nivel de la cuenca la existencia de una reactivación de los sistemas deposicionales.

Dentro de la hoja la unidad Bujaraloz-Sariñena muestra una evolución de facies más proximales desde el sector ESE a facies más distales hacia el oeste.

La unidad Bujaraloz-Sariñena ha sido caracterizada en las hojas de Sariñena, Lanaja y Peñalba, donde presenta en la base facies fluvio-aluviales procedentes del Pirineo que forman parte del Sistema de Huesca, definido por HIRST y NICHOLS (1986) y, en el techo facies carbonatadas de origen lacustre-palustre (HERNANDEZ *et al.*, 1991). Estas facies hacia el noroeste y suroeste, pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y a facies de lago salino (HERNANDEZ *et al.*, *op. cit.*), (ver figura 6). También se ha reconocido en los sectores de Fustiñana, Ejea de los Caballeros y Remolinos en donde al norte está formada en la base por facies aluviales pertenecientes al Sistema de Luna (HIRST y NICHOLS, 1986) y en el techo, por facies de origen lacustre-palustre. De la misma forma, hacia el sur y hacia el este, pasan a facies evaporíticas de margen de lago salino y de lago salino (HERNANDEZ *et al.*, 1991).

En las hojas de Bujaraloz y Gelsa se aprecia un aporte de sedimento detrítico, correspondiente a la base de esta unidad, que es de procedencia ibérica.

En la vecina hoja de Peñalba, AZANZA *et al.* (1988) y CUENCA *et al.* (1989) identifican *Ritteneria manca* en las calizas de Valdeladrones que se sitúan en la parte intermedia de esta

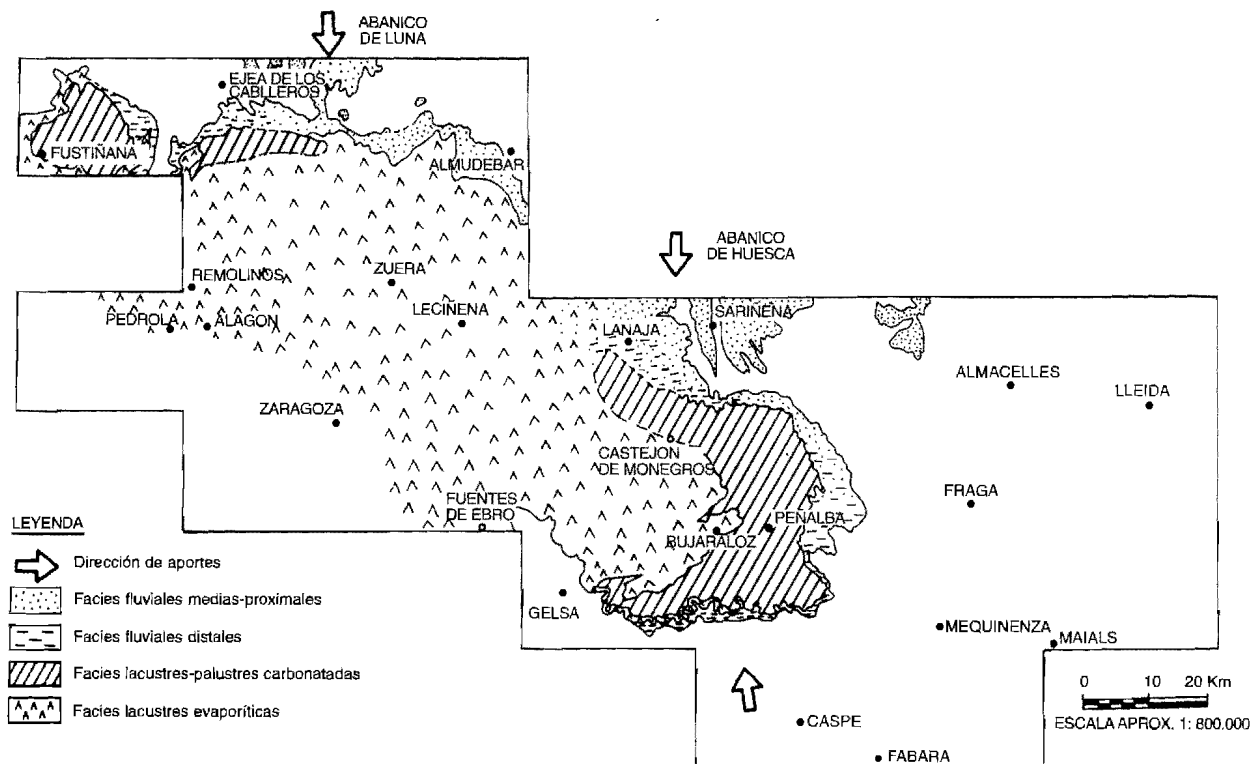


Fig. 6. Esquema de distribución regional de facies de la unidad genético-sedimentaria de Bujaraloz-Sariñena

unidad. Dicha especie caracteriza la biozona 2b de MEIN (1975), que representa la parte superior del Ageniense.

Los materiales que configuran esta unidad, dentro del territorio estudiado, forman parte de la Fm. Alcubierre (Mb. Bujaraloz y Mb. Peñalba) y de la Fm. Zaragoza (Mb. Retuerta) definidas por QUIRANTES (1978) (ver Fig. 1) y de la Unidad de Bujaraloz de CABRERA (1983).

En el mapa geológico se han diferenciado un total de cinco unidades cartográficas que son la (3),(4),(5),(6) y (7). Cabe mencionar que hacia el oeste, entre la Val del Sordo y el límite de esta hoja con la de Fuentes de Ebro, no se han podido diferenciar los sedimentos correspondientes a la unidad (7) respecto de los basales de la unidad genético-sedimentaria superior (Unidad de Remolinos-Lanaja, ver figura 4). Debido a esto la parte superior de la unidad cartográfica (7) en ese sector incluye la base de la unidad suprayacente sin poder precisar el límite entre ambas.

1.1.2.1. *Arcillas rojas con yesos nodulares y capas delgadas de calizas (3). (Ageniense-Aragoniense)*

Esta unidad está constituida por una alternancia de arcillas rojas y niveles de yeso nodular con delgadas capas de caliza. Desde la base al techo se puede observar una disminución de la potencia de los niveles arcillosos a favor de un aumento, en el número y grosor, de los niveles de yeso. Aflora únicamente en el cuadrante suroccidental de la hoja y por la zona donde la Val del Plano se une a la Val de Gelsa, en el límite meridional de la hoja. La única variación significativa de sus litofacies se produce hacia el oeste en donde van desapareciendo, de forma paulatina, los niveles centimétricos de caliza.

Su estudio detallado se ha realizado en las columnas de El Noble (04), donde se han estudiado los 13 m inferiores, y del sur de la N-II (05), donde se han reconocido sus 10 m superiores.

Las arcillas son de color rojo intenso y, ocasionalmente, de color gris. Pueden presentar manchas de reducción como indicador de la intensa bioturbación sufrida.

El yeso es nodular de textura alabastrina y se presenta en niveles de espesor centimétrico-decimétrico. Estos niveles suelen ser continuos por lo que ofrecen un aspecto tabular. Entre éste sedimento pelítico pueden distinguirse de forma ocasional niveles centimétricos de yeso rojizo y microkarstificado, y niveles nodulares de yeso verdoso y textura microgranular.

Las capas de caliza tienen un espesor centimétrico y no suelen superar los 5 cm. Existen también niveles centimétricos de limo gris-amarillento con cemento carbonatado.

Petrográficamente los yesos son nodulares con una textura alabastrina y con trazas de anhidrita. Las capas de caliza se pueden calificar como biomicritas con ostrácodos y caráceas, pudiendo presentar porosidad móldica de fósiles.

El ambiente sedimentario en que se ha depositado esta unidad se interpreta, en función de sus características sedimentológicas, como un ambiente de tránsito entre aluvial distal y margen de lago salino. En este ambiente las arcillas habrían sufrido procesos de edafización mientras que el yeso habría crecido intersticialmente por circulación dentro del sedimento de salmueras (ver fig. 10 B y E).

Se ha procedido a un muestreo en esta unidad para el estudio de micromamíferos, aunque los resultados han sido negativos. Por lo tanto se le atribuye una edad Ageniense-Aragoniense basal en función de las dataciones realizadas en Peñalba por CUENCA *et al.* (1989) y AZANZA *et al.* (1988).

1.1.2.2. *Alternancia de yesos tabulares verdes con margas y arcillas (4). (Ageniense-Aragoniense)*

Esta unidad cartográfica aflora en el cuadrante suroccidental de la hoja aunque no de forma continua, pues hacia el oeste, y en las inmediaciones de la Val del Sordo, desaparece por cambio de facies con la unidad cartográfica (3) (ver figura 4). Hacia la hoja de Gelsa esta unidad constituye un nivel guía muy característico por el potente nivel de yeso verde que constituye un resalte estructural muy continuo que llega a aflorar puntualmente dentro de la hoja en las inmediaciones de la Val del Plano.

Estos materiales se han estudiado en detalle en la columna del sur de la N-II (05) en donde se han medido en su totalidad con una potencia de 35 m. Se trata de arcillas de color rojo y naranja, bioturbadas, y margas grises ocasionalmente con laminación paralela y niveles de yeso verdoso intercalados.

Los yesos están estratificados y pueden ser de dos tipos: yeso de aspecto nodular, de color verdoso característico y de textura microgranular y yeso nodular de color blanco y textura alabastrina con nódulos aislados de yeso sacaróideo.

Desde el punto de vista petrográfico los yesos verdes tienen una cristalinidad en mosaico y radial con bandas horizontales de calcita y arcilla.

Estos sedimentos se han interpretado como depositados en un ambiente de margen de lago salino-lago salino (ver figura 10 E y F).

No hay datos bioestratigráficos directos que permitan determinar la edad de esta unidad; por criterios de correlación regional se le puede atribuir una edad Ageniense-Aragoniense basal.

1.1.2.3. *Margas y arcillas con yesos nodulares (5). (Aragoniense)*

Esta unidad aflora en los sectores sur y suroccidental de la hoja. Litológicamente está constituida básicamente por arcillas rojas, verdosas y niveles de yeso intercalados. Hacia el oeste estos sedimentos desaparecen por cambio de facies con la unidad cartográfica infrayacente. Existe otro nivel correspondiente a esta unidad cartográfica que se intercala entre las unidades (6) y (7).

El estudio detallado de este tramo se ha realizado en la columna del sur de la N-II (05), donde tiene una potencia de 7 m, y en numerosos afloramientos puntuales.

Las arcillas son verdosas y rojas muy homogéneas e intensamente afectadas por procesos edáficos. Entre estas arcillas se intercalan niveles de yesos blancos y rojizos, de escaso espesor (10-30 cm). La coloración rojiza de algunos de estos niveles se debe a procesos de tinción producida por las arcillas rojas, entre las que se intercalan. La textura de estos yesos es muy característica y, de su estudio petrográfico, se deduce que han sufrido procesos edáficos y de disolución, producida por circulación vertical de agua que ha propiciado el relleno de las grietas y de las microgrietas por arcillas rojas. Estas grietas pueden contener además carbonato cálcico como resultado de los procesos edáficos sufridos.

Petrográficamente, el yeso es secundario y porfiroblástico (policristalino). Contiene restos de anhidrita y grietas de disolución rellenas de carbonatos y de arcillas. Parte de los granos de yeso están reemplazados por micrita.

De acuerdo con las características descritas, estos materiales probablemente se depositaron en un ambiente de abanico aluvial muy distal en tránsito a margen de lago salino, con un aporte sedimentario relativamente bajo, que propició el desarrollo de amplios procesos edáficos y el crecimiento sinsedimentario de niveles de yeso nodular (ver figura 10 A y E).

Por criterios de correlación regional se atribuye una edad correspondiente al tránsito Ageniense-Aragoniense a esta unidad.

1.1.2.4. *Yesos nodulares y tabulares con margas yesíferas grises (6). (Aragoniense)*

Esta unidad aflora en el cuadrante suroccidental de la hoja y en el margen meridional de ésta, en los alrededores de la Val del Plano entre la N-II y la autopista A-2.

El estudio detallado de los sedimentos que constituyen este tramo se ha realizado en varias columnas: sur de la N-II (05) donde se ha medido su totalidad con una potencia de unos 20 m, Val de Tuerta (06) donde se han medido sus 12 m inferiores y Pico María Hernández (07) donde se han medido sus 5 m basales. El contacto entre esta unidad cartográfica y la infrayacente es normal y hacia el oeste se realiza por cambio de facies.

La parte inferior de esta unidad suele hallarse muy coluvionada, por ello normalmente sólo es visible la parte superior. Este tramo está constituido por una alternancia de yesos nodulares y tabulares con margas grises laminadas. El yeso tabular se presenta en niveles continuos y de aspecto estratiforme de escala centimétrica. Los cuerpos de yeso nodular tienen una textura alabastrina similar a la de los niveles de yeso tabular.

Del estudio petrográfico del yeso se deduce que se trata de yeso nodular secundario de textura alabastrina muy fina y media con relictos de anhidrita que todavía no han sido reemplazados por yeso.

Se encuentran ocasionalmente delgados niveles de caliza que estudiadas al microscopio son biomicritas con restos de caráceas y algún gasterópodo. En dos muestras se observa un microkarst relleno por cuarzo de neoformación.

De acuerdo con las características observadas se puede interpretar esta unidad como depositada en un ambiente de lago salino y ocasionalmente, de margen de lago salino (figura 10 F y E).

Aunque no existen datos paleontológicos que permitan precisar la edad de esta unidad se le atribuye una edad Aragoniense por consideraciones de carácter regional.

1.1.2.5. *Yesos tabulares y nodulares de aspecto masivo (7). (Aragoniense)*

Esta unidad aflora en la mitad meridional y occidental de la hoja. El contacto entre esta unidad cartográfica y la infrayacente (6) es normal aunque en el extremo occidental ésta descansa directamente sobre el tramo (3) al haber desaparecido las unidades (4) y (5) por cambio de facies (ver figura 4). La única variación apreciable en la litología de esta unidad se produce en sentido vertical disminuyendo ligeramente el contenido en yeso hacia arriba. Como se ha mencionado en el apartado 1.1.2. la parte superior de esta unidad cartográfica en el sector comprendido entre la Val del Sordo y el margen oeste de la hoja corresponde a la base de la unidad de Remolinos-Lanaja (La Almolda).

El estudio detallado de este tramo se ha realizado en varias columnas y su potencia puede alcanzar los 30-35 m. En la columna del sur de la N-II (05) se han medido los 5 metros basales de la unidad, mientras que en las columnas de Val de Tuerta (06) y Pico María Hernández (07) se han medido los 16 m y 24 m basales, respectivamente.

Se trata de una serie predominantemente yesífera constituida por yesos de aspecto nodular (de hasta 1 metro de potencia) alternando con yesos tabulares e interestratos de margas. Su aspecto general es de yeso masivo. Las capas de yeso tabular pueden presentar aspecto microgranular del tipo *chicken-wire* al igual como puede observarse, en ocasiones, en el yeso tabular de la unidad (6). En general, el yeso presenta textura alabastrina, más marcada en los yesos nodulares.

El estudio petrográfico de las muestras de yeso indica que se trata de yeso de textura alabastrina fina y muy fina. Ocasionalmente se pueden observar indicios del paso de anhidrita a yeso nodular.

De acuerdo con sus características sedimentológicas estos materiales se interpretan como depositados en un ambiente de lago salino y ocasionales episodios de margen de lago salino (ver fig. 10 F y E).

Por criterios de correlación regionales se supone una edad Aragoniense para esta unidad.

1.1.3. Unidad Remolinos-Lanaja (La Almolda)

Esta unidad aflora en la parte basal de la Sierra de Alcubierre y ocupa las zonas de relieves más suaves que se extienden a sus pies, por lo que suele estar muy recubierta por depósitos cuaternarios de tipo glacis procedentes de la propia sierra.

En el sector oriental y nororiental de la hoja esta unidad está constituida por dos litofacies dominantes: un tramo margo-carbonatado con algunos niveles de arcillas edafizadas en la base, y un nivel predominantemente carbonatado en el techo. Hacia el oeste el tramo carbonatado superior pierde entidad pasando a estar constituido por una serie margocarbonatada, mientras que los términos del tramo inferior empiezan a contener nódulos de yeso que permiten diferenciar una nueva litofacies. Finalmente cerca del Val del Sordo los materiales de la base de la unidad son ya eminentemente evaporíticos lo que permite separarlos como unidad litoestratigráfica. En este sector occidental estos materiales llegan a estar en contacto por cambio de facies con la unidad cartográfica (7) que, en su parte superior, corresponde a esta unidad genético-sedimentaria (ver figura 4).

Los sistemas deposicionales que aportaron el sedimento detrítico distal que constituye la base de la unidad son de procedencia pirenaica en su mayor parte, aunque en el sector noroccidental pueden ser de procedencia ibérica.

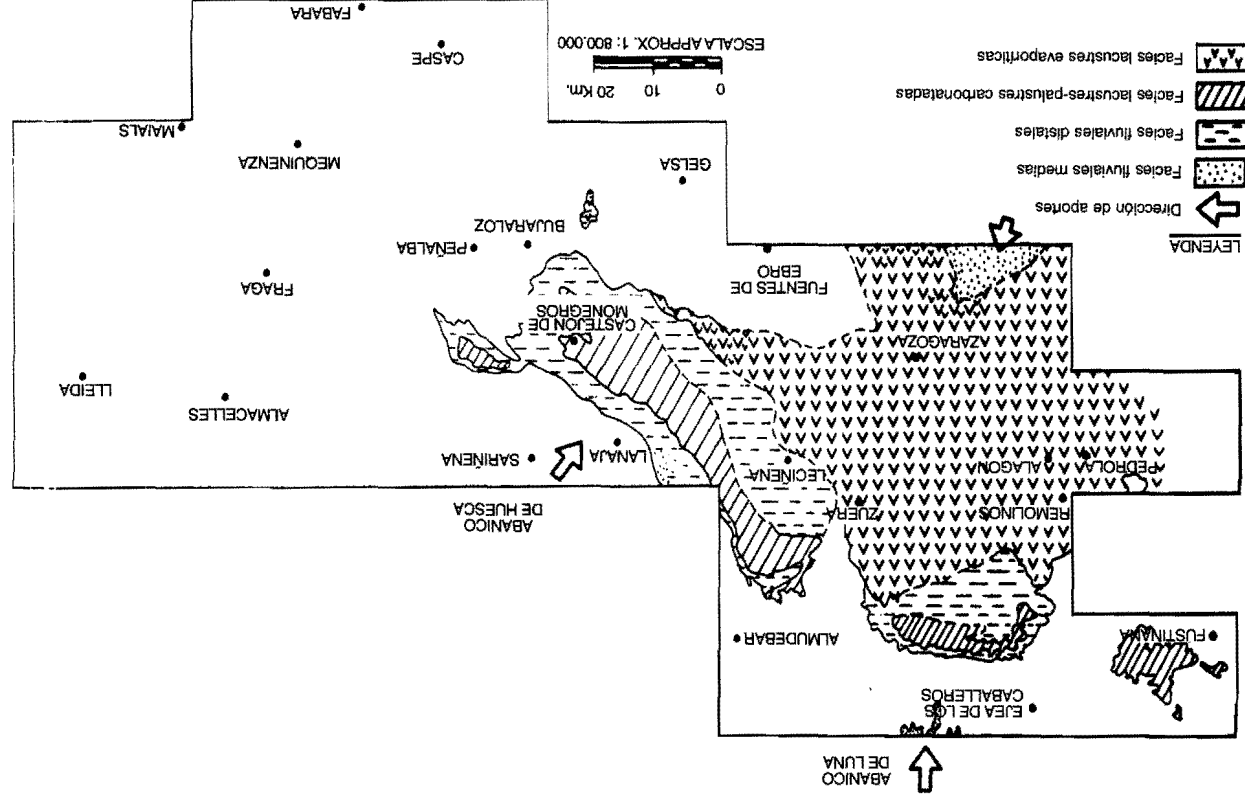
La potencia total de esta unidad se puede cifrar en unos 130 m aunque no se ha podido medir en su totalidad en ninguna columna. El estudio detallado de estos sedimentos se ha realizado en las columnas de Sierra de Pallaruelo (03), en la que se han medido los 85 m superiores, en la de La Almolda (02), en la que se han medido los 18 m superiores, y en la del Pico Poyos (08) en la que se han medido 18 m correspondientes a la parte media-baja de la unidad, y se ha completado con observaciones en numerosos afloramientos aislados entre los depósitos cuaternarios.

El contacto con la unidad infrayacente es un cambio brusco de facies entre los sedimentos evaporíticos de lago salino que constituyen el techo de la unidad inferior (unidad Bujaraloz-Sariñena) y los sedimentos margo-carbonatados de origen lacustre-palustre/margen de lago salino que forman la base de esta unidad. Este hecho refleja una rápida progradación de los sistemas aluviales hacia el centro de la cuenca. Este límite se puede caracterizar en todas las áreas a excepción de la zona comprendida entre la Val del Sordo y el límite occidental de la hoja.

En esta unidad se puede apreciar la evolución vertical y espacial de sus facies. En el sector norte y noreste es donde afloran los materiales más proximales, mientras que hacia el OSO afloran las facies más distales.

En la parte central de la Cuenca del Ebro esta unidad se ha reconocido además en las hojas de Lanaja, Sariñena, Peñalba y Leciñena. A grandes rasgos, en la parte oriental del sector constituido por estas hojas la parte basal de la unidad está constituida por facies aluviales distales y por facies palustre-lacustres de orla de abanico, mientras que la parte superior está constituida por facies margo-carbonatadas de origen lacustre-palustre (ver figura 7). Hacia la parte occidental del sector formado por las hojas mencionadas anteriormente, estos sedimentos evolucionan hacia sedimentos de margen de lago salino y de lago salino.

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



Esta unidad también ha sido reconocida y cartografiada en el sector nor-occidental de la parte central de la cuenca del Ebro, en concreto, en las hojas de Fustiñana, Ejea de los Caballeros, Almudévar, Remolinos y Zuera. En la parte norte de este sector, la base de esta unidad está constituida por sedimentos correspondientes a ambientes de abanico aluvial distal de procedencia pirenaica. El techo está formado por sedimentos margo-carbonatados de origen lacustre-palustre (ver figura 7). Hacia el sur de este sector estos sedimentos evolucionan hacia sedimentos correspondientes a margen de lago salino y de lago salino).

Los sedimentos evaporíticos de esta unidad forman parte de la Formación Zaragoza de QUIRANTES (1978), mientras que el resto de los materiales forman parte de la Fm. Alcubierre (Mb. Sigena) del mismo autor (ver figura 1).

En la cartografía geológica se han diferenciado en la unidad Remolinos-Lanaja cuatro unidades cartográficas que corresponden a los números (8), (9), (10) y (11). Cabe destacar que la parte superior de la unidad (7), entre la Val del Sordo y el límite occidental de la hoja, también forma parte de esta unidad genético-sedimentaria y sus facies han sido descritas en el apartado 1.1.2.5.

1.1.3.1. *Margas con yeso nodular y capas delgadas de caliza (8). (Aragoniense)*

Su área de afloramiento es una franja alargada según la diagonal NO-SE de la hoja. Se trata de una zona llana y muy recubierta por materiales cuaternarios, ya sean conos de deyección, glaciares, zonas endorreicas o aluviales de las "vales".

La potencia de estos materiales puede oscilar entre 60 y 80 metros aproximadamente. Debido a la forma en que estos sedimentos se hallan expuestos su estudio se ha realizado en numerosos afloramientos puntuales.

Litológicamente se trata de una serie predominantemente margosa, con presencia de yesos nodulares que pueden unirse para dar un aspecto de cintas de nódulos, y con algunos niveles centimétricos de calizas bioturbadas. Ocasionalmente se han observado delgadas capas de limos cementados por carbonato cálcico y de areniscas de grano muy fino con laminación de tipo *ripple*. Desde la parte oriental de la hoja hasta la parte occidental esta unidad sufre un aumento en la presencia de niveles nodulares de yeso, mientras que existe un decremento de la presencia de capas de caliza.

La textura de los yesos es alabastrina aunque no tan definida como en las unidades inferiores. Pueden tener un aspecto de campo micronodular del tipo *chicken-wire*.

Las capas de caliza tienen un espesor centimétrico (máximo 10-15 cm), contienen restos fósiles y desprenden un olor fétido. Estas capas están generalmente bioturbadas presentando abundantes perforaciones verticales por raíces.

Del estudio petrográfico se desprende que las arenitas son litarenitas con fragmentos de caliza. Las capas de caliza se clasifican como micritas y biomicritas con restos de ostrácodos y caráceas.

El estudio de las muestras de yeso concuerda con que se trata de yeso de textura alabastrina fina y muy fina. Ocasionalmente se pueden observar indicios del paso de anhidrita a yeso nodular.

Estos sedimentos se pueden interpretar como depositados en partes periféricas de lago salino o *playa-lake*, es decir en el margen del lago salino (figura 10 E). 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. Por su posición estratigráfica puede considerarse una edad Aragoniense para esta unidad.

1.1.3.2. *Alternancia de yesos tabulares y nodulares con margas (9). (Aragoniense)*

Esta unidad cartográfica aflora en la mitad occidental de la hoja, en una franja localizada al sur de Monegrillo. Hacia el este cambia lateralmente de facies pasando a la unidad 8. El contenido en sedimentos evaporíticos aumenta hacia el oeste.

La potencia total de esta unidad puede llegar a alcanzar los 60 m en la parte occidental de la hoja. El estudio detallado de las facies que constituyen dicha unidad se ha realizado en la columna del Pico Poyos donde se han medido 18 m correspondientes a su parte media-baja. Además se ha realizado su estudio en numerosos afloramientos puntuales localizados al suroeste de la localidad de Monegrillo.

Se trata de niveles de yeso tabular, yeso nodular acintado y margas grises yesíferas. Los yesos tabulares se presentan en capas con un espesor de 15-20 cm, mientras que los niveles de yeso nodular tienen unos espesores que varían entre los 20 y 30 cm.

Los yesos tabulares son de textura alabastrina y presentan un aspecto micronodular de tipo *chicken-wire* mientras que los yesos nodulares son de textura alabastrina.

De acuerdo con las características sedimentológicas que presentan estos sedimentos, se interpreta esta unidad como depositada en un ambiente de lago salino (figura 10 F).

Dada la ausencia de datos paleontológicos de interés bioestratigráfico se considera una edad Aragoniense para esta unidad por criterios de correlación regionales.

1.1.3.3. *Alternancia de arcillas margas y calizas (10). (Aragoniense)*

Esta unidad cartográfica aflora en una franja que bordea por su base la Sierra de Alcubierre a lo largo de toda su extensión. Su contacto con la unidad cartográfica inferior (8) es un cambio de facies por lo que esta unidad disminuye de potencia hacia el oeste.

El estudio de los materiales que constituyen esta unidad se ha realizado en las columnas de La Almolda (02), en la que se han medido los 15 m superiores, y de Sierra de Pallaruelo (03) en la que se han medido los 78 m superiores.

Litológicamente esta unidad está constituida por arcillas, margas y capas de caliza limosa, observándose una disminución de las arcillas hacia techo a favor de un aumento de las capas de caliza. De forma muy ocasional se encuentran niveles centimétricos de arenisca.

En el sector norte y noreste la parte inferior de la unidad cartográfica está constituida básicamente por niveles arcillosos de coloraciones rojas, ocre y verdosas muy bioturbadas. Los niveles calcáreos son muy escasos así como los niveles de arenisca. En las partes medias y altas de la unidad disminuye la cantidad de arcilla, en favor de sedimentos margosos menos afectados por procesos edáficos, y aumentan los bancos de caliza.

En el resto de la hoja esta unidad está constituida predominantemente por margas grises con intercalaciones de capas de caliza.

Las margas son de color gris y pueden mostrar laminación paralela de decantación. Las arcillas son de coloraciones suaves rojizas-verdosas y están ligeramente bioturbadas. Entre el sedimento margoso existen algunos niveles de acumulación de materia orgánica vegetal que muestran coloraciones oscuras.

Las capas de caliza suelen ser limosas y tienen un espesor que raramente sobrepasa los 20-30 cm. Estos niveles presentan, a menudo, estratificación ondulada a pequeña escala y pueden tener estructuras sedimentarias de tipo *ripple* de corriente y oscilación. Estas calizas pueden tener restos de gasterópodos y caráceas y sus techos suelen mostrar perforaciones por raíces.

Las areniscas son de grano muy fino, micáceas, de color gris y con *ripples* de corriente. Estos niveles pueden no ser continuos y mostrarse como delgados lentejones con laminación *ripple* (estructura *linsen*).

Las calizas son biomicritas con caráceas, ostrácodos y moluscos, y presentan proporciones variables, pero siempre en baja cantidad, de arcillas y limos de cuarzo. Tienen también porosidad de tipo mólico y fenestral con signos de bioturbación. Las arenitas son litarenitas con abundantes fragmentos de caliza (hasta el 25%), de cuarzo (10-15%) y de feldespatos (10-20%). El yeso se encuentra como granos detríticos así como formando parte del cemento junto al cemento calcáreo.

Esta unidad se interpreta como depositada en partes muy distales de abanico aluvial, casi en condiciones lacustre-palustres, que hacia techo evolucionan a facies palustre-lacustres (figura 10 B y D).

Del estudio de muestras para micromamíferos no se han obtenido resultados positivos, por lo que se atribuye a esta unidad un edad Aragoniense por criterios estratigráficos de carácter regional.

1.1.3.4. Alternancia de calizas y lutitas, ocasionalmente rojizas (11). (Aragoniense)

Esta unidad cartográfica constituye el techo de la Unidad Remolinos-Lanaja en buena parte de la hoja. Aflora en la parte baja de la Sierra de Alcubierre desde el sector septentrional

hasta las inmediaciones de la localidad de Monegrillo. Más al oeste desaparece por cambio de facies con la unidad cartográfica inferior (10).

Esta unidad alcanza su potencia máxima, 10 m, al norte de la hoja. Hacia el sur y el oeste va perdiendo potencia en favor de la unidad inferior. El estudio detallado de los materiales que constituyen esta unidad se ha hecho en las columnas de Sierra de Pallaruelo (03), con una potencia de 8 m, y de La Almolda (02), con una potencia de 5-6 m.

La litología de este tramo está dominada por capas y bancos de caliza de escala métrica-decimétrica con intercalaciones de margas y niveles arcillosos bioturbados.

Las capas de caliza tienen un espesor centimétrico-decimétrico y a menudo se organizan en bancos de escala decimétrica-métrica. Las capas son limosas con estratificación a menudo ondulada y con estructuras tractivas (laminación paralela o de tipo *ripple*). Contienen abundantes restos de gasterópodos y caráceas, y están intensamente bioturbadas mostrando abundantes perforaciones por raíces. Presentan a menudo porosidad móldica que, ocasionalmente, puede estar rellena por arcilla o por yeso.

Las arcillas tienen colores rojos y ocre, con signos de haber sufrido procesos pedogenéticos. Entre estas arcillas se pueden intercalar lentejones de arenisca de grano muy fino con estructuras de tipo linsen. Las margas son grises con algún delgado nivel de acumulación de materia orgánica vegetal (coloración pardo-negrucza).

Las calizas son biomicritas con numerosos fragmentos rotos de caráceas, ostrácodos y moluscos, y notables cantidades de limos de cuarzo. Están bioturbadas, microkarstificadas y poseen porosidad móldica.

Del estudio de las facies se deduce que esta unidad se depositó en un ambiente lacustre-palustre (fig. 10 B y D).

La posición estratigráfica de esta unidad permite atribuirle una edad Aragoniense en ausencia de datos paleontológicos de interés bioestratigráfico.

1.1.4. Unidad sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora (Sierra de Sta. Quitería)

Esta unidad genético-sedimentaria aflora en el cuadrante nor-oriental y en el sector norte del cuadrante nor-occidental de la hoja, ocupando las partes bajas y medias de la Sierra de Alcubierre.

En la mayor parte del área de estudio, la base de la unidad está constituida por una alternancia de margas y de capas de caliza, entre las cuales, de forma muy ocasional, se encuentran niveles de arenisca. El techo de esta unidad, está formado por un extenso nivel carbonatado, que aflora de forma continua en casi todo el territorio comprendido en la hoja. Estas dos litofacies se repiten dos veces en la sucesión vertical de la unidad. Hacia el extremo occidental la litofacies margo-carbonatada que se halla aflorando en la base empieza a interca-

lar nódulos de yeso y en su extremo más occidental no es posible establecer el límite con las facies margo-yesíferas de la unidad inferior. El nivel superior de margas y calizas evoluciona, hacia el oeste, hacia sedimentos arcillosos, margosos y yesíferos que constituyen la cuarta litofacies que conforma la unidad.

La potencia total de la Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de La Sora no ha podido medirse en ninguna columna dentro del territorio. Los sedimentos que constituyen esta unidad se han estudiado en las columnas de Miramón (01), donde se han medido los 78 m superiores, de La Almolda (02), donde se han reconocido los 80 m basales de la unidad, y de Sierra de Pallaruelo (03), donde se han medido los 50 m inferiores.

El límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria se sitúa en el contacto entre las facies carbonatadas, de origen lacustre-palustre, que caracterizan la parte superior de la Unidad Remolinos-Lanaja y las facies margo-terrigenas (básicamente palustres), de orla de abanico, que constituyen la base de esta unidad.

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora se ha caracterizado además en las hojas de Zuera, Leciñena y Lanaja. A grandes rasgos, en la parte oriental del sector comprendido en estas hojas, la base de la unidad está constituida por facies aluviales distales y por facies de orla de abanico, mientras que su parte superior está constituida por facies margo-carbonatadas de origen lacustre-palustre (ver Fig. 8). Los materiales aluviales en esta zona tienen una procedencia pirenaica. Hacia el oeste estas facies pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig. 8).

Esta unidad ha sido cartografiada, también, en el sector occidental de la parte centro-septentrional de la Cuenca del Ebro, concretamente en las hojas de Fustiñana, Ejea de los Caballeros y Remolinos. En el área septentrional de este sector de la cuenca la base de la unidad está formada por materiales aluviales distales, de procedencia pirenaica o de procedencia ibérica. Por el contrario su techo, está formado por facies margo-carbonatadas de origen lacustre-palustre. Hacia la parte meridional de este mismo sector, estas facies pasan a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig. 8).

Al igual que la Unidad Remolinos-Lanaja, la edad de esta unidad, queda incluida dentro del Aragoniense medio, puesto que, dentro de la vecina hoja de Lanaja se ha podido atribuir a la suprayacente unidad de Montes de Castejón-Sierra de Lanaja una edad Aragoniense medio-superior.

Los materiales que configuran esta unidad, dentro del territorio estudiado, forman parte de la Fm. Alcubierre y de la Fm. Zaragoza, ambas definidas por QUIRANTES (1978) (ver Fig. 1).

En la cartografía se han diferenciado tres unidades cartográficas correspondientes a esta unidad genético-sedimentaria, las unidades (12), (13) y (14). Los materiales evaporíticos, que constituyen la base de esta unidad, en el sector nor-occidental de la hoja constituyen la parte superior de la unidad cartográfica (8) y han sido descritos en la unidad genético-sedimentaria inferior, Unidad de Remolinos-Lanaja.

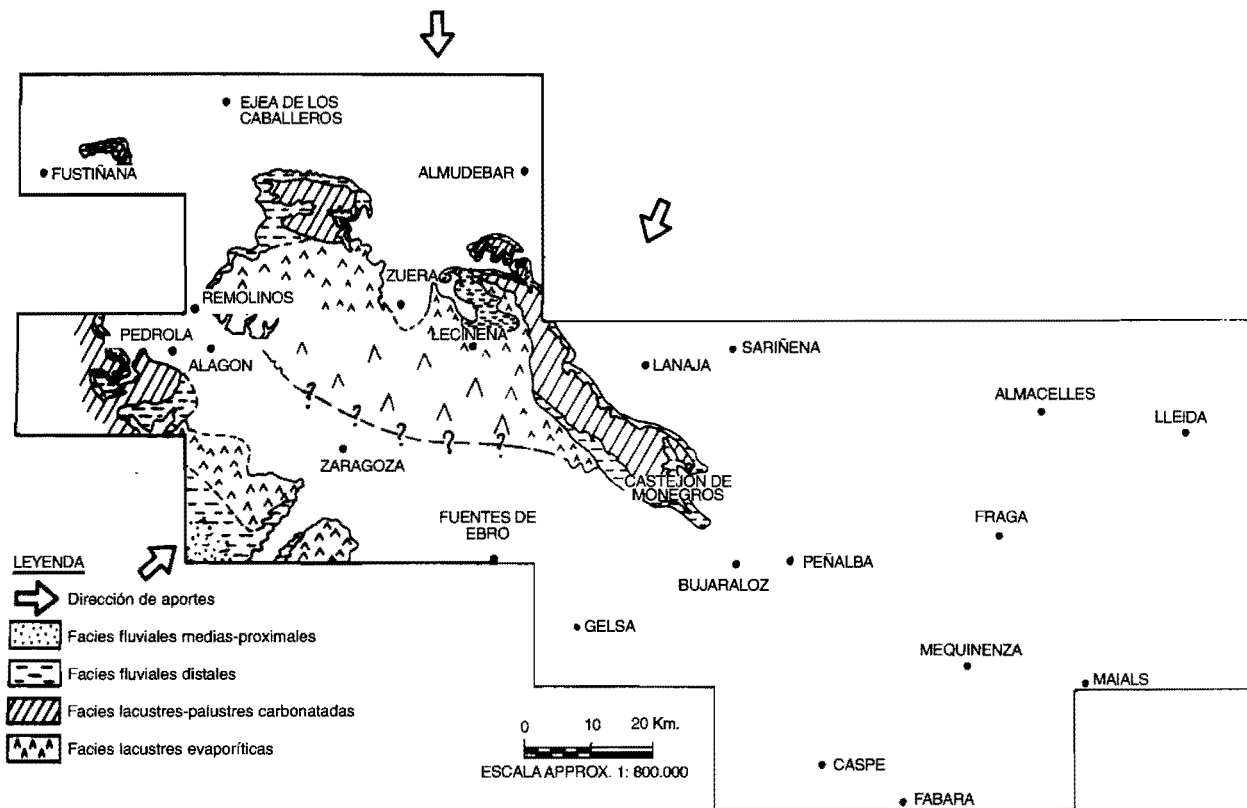


Fig. 8. Esquema de distribución regional de facies de la unidad genético-sedimentaria de Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora

1.1.4.1. *Lutitas con intercalaciones de capas delgadas de caliza, ocasionalmente con estromatolitos (12) (Aragoniense)*

Estos materiales afloran bordeando la Sierra de Alcubierre por sus partes inferiores y medias. Hacia el oeste y el noroeste los tramos inferior y superior de esta unidad cartográfica pasan transicionalmente a las facies evaporíticas de las unidades (8) y (14) respectivamente (ver figura 4).

Los sedimentos que constituyen esta unidad se han estudiado y medido en las series siguientes: Miramón (01), con 25 y 17 m para el nivel inferior y superior, respectivamente; en La Almolda los 52 m inferiores; y finalmente Sierra de Pallaruelo (03) donde se han medido 19 m de la base.

En el sector noroeste la litología es predominantemente lutítica, aunque existen intercalaciones de delgadas capas de caliza y esporádicos niveles de arenisca de grano muy fino. Los bancos de areniscas son de espesor centimétrico y planoparalelos; ocasionalmente presentan estratificación *flaser*, lenticular y *ripples*. Las lutitas son de coloraciones rosadas, ocre y verdosas, y a menudo muestran señales de edafización (concreciones de caliche, manchas de reducción...).

Las capas de caliza tienen un espesor centimétrico-decimétrico y pueden hallarse en bancos de escala métrica. Son calizas micríticas con un abundante contenido en restos fósiles y en materia orgánica vegetal carbonizada. Suelen presentar muestras de bioturbación y perforaciones por raíces.

En el sector de La Almolda las intercalaciones de areniscas y de limos carbonatados son escasas y pueden presentar estratificación cruzada de tipo *hummocky*. Las capas de caliza, en este sector, pueden contener estromatolitos y nódulos de sílex.

Petrográficamente las arenitas son litarenitas con un cierto contenido de yeso detrítico. Las calizas corresponden a biomicritas y a intraesparitas con un abundante contenido de limo terrígeno y restos de ostrácodos, caráceas, moluscos, gasterópodos y algas cianofíceas.

Las características sedimentológicas de estos sedimentos permiten interpretarlos como una asociación de facies de orla de abanico aluvial con una importante influencia lacustre-palustre (fig. 10 A y B). Hacia el oeste estos sedimentos evolucionan hacia facies de margen de lago salino correspondientes a las unidades (8) y (12).

La edad de esta unidad no se ha podido determinar de forma directa en el ámbito de la hoja. Por consideraciones regionales se le supone una edad Aragoniense.

1.1.4.2. *Calizas tractivas con nódulos de sílex y margas grises (13). (Aragoniense)*

Estos materiales afloran en el mismo área que la unidad cartográfica inferior (12).

El estudio detallado de los sedimentos que constituyen este tramo se ha realizado en las columnas de el Miramón (01), donde se han medido dos niveles de 27 y 20 m respectivamente; La Almolda (02) donde se han reconocido los 30 metros inferiores correspondientes

a esta unidad; y Sierra de Pallaruelo (03) donde se han medido 28 m correspondientes a su base.

La unidad está compuesta por una alternancia de margas y de calizas. Entre las margas existen algunas intercalaciones de capas de arenisca de grano muy fino, de espesor centimétrico y a menudo con laminación paralela. Las calizas son micríticas y ocasionalmente contienen granos de limo terrígeno y nódulos de sílex, más abundantes en la columna de La Almolda (02). Presentan un gran contenido organógeno y alguno de los niveles incluye estromatolitos. Las calizas muestran superficies de reactivación y estructuras tractivas de tipo *ripple* y cruzada, posiblemente, de tipo *hummocky*.

Al microscopio las calizas corresponden a biomicritas con restos de ostrácodos y caráceas.

Las características sedimentológicas mencionadas permiten interpretar estos sedimentos como depositados en un ambiente lacustre-palustre (fig. 10 C).

Por criterios estratigráficos regionales la edad de esta unidad puede precisarse como Aragoniense medio.

1.1.4.3. *Arcillas rosadas con niveles de yeso nodular, margas grises y capas de caliza (14). (Aragoniense)*

El área de afloramiento de esta unidad se reduce al margen nor-occidental del territorio delimitado por la hoja, al norte y noroeste de Monegrillo.

Debido a la mala calidad de los afloramientos el estudio de las facies que constituyen esta unidad se ha realizado en numerosos afloramientos puntuales.

Se trata de una unidad arcilloso-yesífera con niveles margosos y capas de caliza. Las arcillas tienen coloraciones rosadas y muestran signos de haber sufrido procesos de edafización. Entre estos sedimentos pelíticos se intercalan niveles de yeso nodular de color blanco y textura alabastrina. Estos nódulos suelen estar unidos y llegan a formar niveles de aspecto tabular.

Las margas son de color gris, tienen laminaciones paralelas y un pequeño contenido en yeso. Las capas de caliza, de espesor centimétrico a decimétrico, son micríticas e incluyen algunos restos fósiles y perforaciones por raíces.

Al microscopio petrográfico, las calizas corresponden a biomicritas con escasos restos de ostrácodos y caráceas.

Los sedimentos que constituyen esta unidad cartográfica se interpretan como depositados en un ambiente de margen de lago salino (fig. 10 E).

Por consideraciones estratigráficas y bioestratigráficas de carácter regional se ha atribuido una edad Aragoniense a esta unidad.

1.1.5. Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón (Miramón)

Esta unidad aflora únicamente en el sector septentrional de la hoja, en la zona que constituye el límite entre los dos cuadrantes septentrionales. Se trata de los sedimentos terciarios más modernos del área y forman los relieves superiores de la Sierra de Alcubierre en este sector.

En la zona cartografiada, esta unidad está formada por dos tramos predominantemente lutíticos y por dos tramos carbonatados. Estos últimos, se encuentran hacia la parte superior de la unidad, constituyendo, el último de ellos, el techo de la misma. En todo el sector aflorante, la base de la unidad, representada por el primer tramo lutítico, está formada por facies aluviales distales y de llanura de inundación. Los dos tramos predominantemente carbonatados se desarrollan extensamente a lo largo de toda la Sierra de Alcubierre y representan etapas de sedimentación lacustre-palustre.

La potencia de la unidad Montes de Castejón-Sierra de Lanaja, dentro del territorio, no ha podido medirse en su totalidad en ninguna columna, aunque puede estimarse como superior a 130 m. El estudio detallado de estos sedimentos se ha realizado en la columna de Miramón (01), donde se han medido 45 m correspondientes al primer nivel pelítico y al primer nivel carbonatado de la unidad.

El límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria se sitúa en el contacto existente entre las facies carbonatadas de origen lacustre-palustre, que caracterizan la parte superior de la Unidad Remolinos-Lanaja y las facies margo-terrágenas, de abanico aluvial distal que constituyen la base de esta unidad.

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la unidad Montes de Castejón-Sierra de Lanaja, se ha caracterizado en las hojas de Zuera, Leciñena y Lanaja. A grandes rasgos, en la parte oriental del sector comprendido en estas hojas, la base de esta unidad, está constituida por facies aluviales distales y por facies de orla de abanico de procedencia pirenaica, mientras que su parte superior, está constituida por facies margo-carbonatadas de origen lacustre-palustre (ver Fig. 9). Hacia la parte occidental de este sector de la cuenca, estas facies pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig. 9).

Esta unidad también ha sido cartografiada en el sector nor-occidental de la parte central de la Cuenca del Ebro, concretamente en las hojas de Fustiñana, Ejea de los Caballeros y Remolinos. En el área septentrional de este sector de la cuenca, la base de la unidad está formada por facies de orla de abanico, mientras que su techo, está formado por facies margo-carbonatadas de origen lacustre-palustre (Fig. 9). Hacia la parte sur-occidental de este mismo sector, concretamente hacia la hoja de Pedrola, estas facies evolucionan a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig. 9).

Por lo que se refiere a la posición cronoestratigráfica de esta unidad, el estudio paleontológico del yacimiento de Puigladrón, situado en la parte media de la misma en la vecina hoja de Lanaja, ha permitido acotar su edad que se sitúa entre el Mioceno medio y el Mioceno superior. Por otro lado, en el yacimiento del Barranco de San Benito, también situado en la parte media-superior de la unidad y en la vecina hoja de Lanaja, se han estudiado restos de macromamíferos, que permiten atribuirle una edad comprendida entre el Aragoniense medio y el superior. (AZANZA, com. pers.).

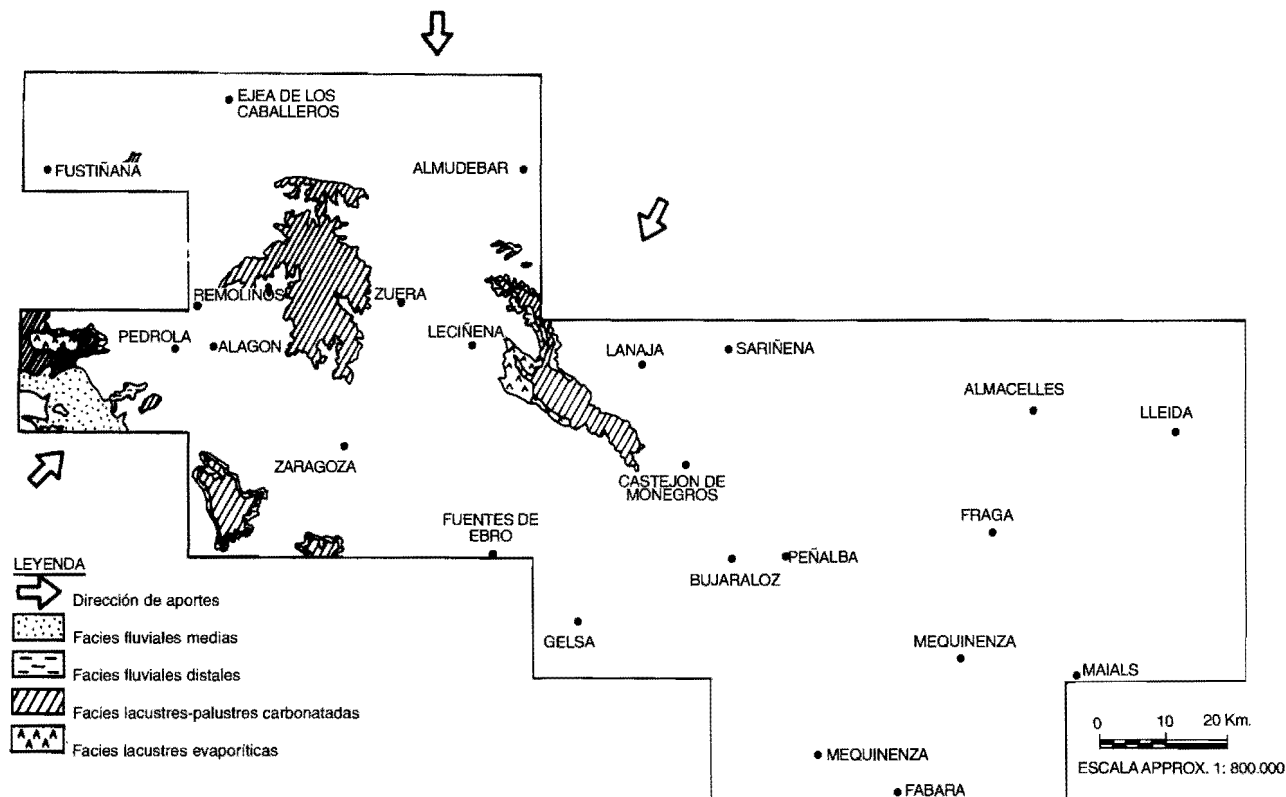


Fig. 9. Esquema de distribución regional de facies de la unidad genético-sedimentaria de Sierra de Lanaja-Montes de Castejón

Los materiales que constituyen esta unidad, dentro del territorio estudiado, forman parte de las Calizas de Alcubierre (Miembro Castejón de la Fm. Alcubierre) definida por QUIRANTES (1978) (ver Fig. 1).

En la cartografía se han diferenciado dos unidades cartográficas correspondientes a esta unidad genético-sedimentaria.

1.1.5.1. *Margas, arcillas ocre y rojizas, capas delgadas de caliza y areniscas tabulares (15) (Aragoniense)*

Estos materiales afloran en las partes altas de la Sierra de Alcubierre en este sector. Como se ha dicho en el apartado anterior, está constituida por dos tramos lutíticos, separados por un nivel carbonatado.

El primer tramo tiene una potencia de 35 m que se han medido en la serie de el Miramón (01). Está constituido por una alternancia de arcillas, capas de arenisca, margas y niveles delgados de caliza. Las arcillas tienen coloraciones ocre, rojizas y verdosas y muestran signos de haber sufrido procesos de edafización. Las capas de arenisca suelen ser de escala centimétrica-decimétrica y su tamaño de grano es fino, la mayoría son planoparalelas y, ocasionalmente, presentan laminación paralela. Las margas son de color gris y hacia el oeste incluyen ocasionales nódulos de yeso. A lo largo de todo el tramo, se intercalan niveles centi- a decimétricos de calizas micríticas, algo limosas con abundantes restos orgánicos, estructuras de tipo *hummocky* y nódulos de sílex.

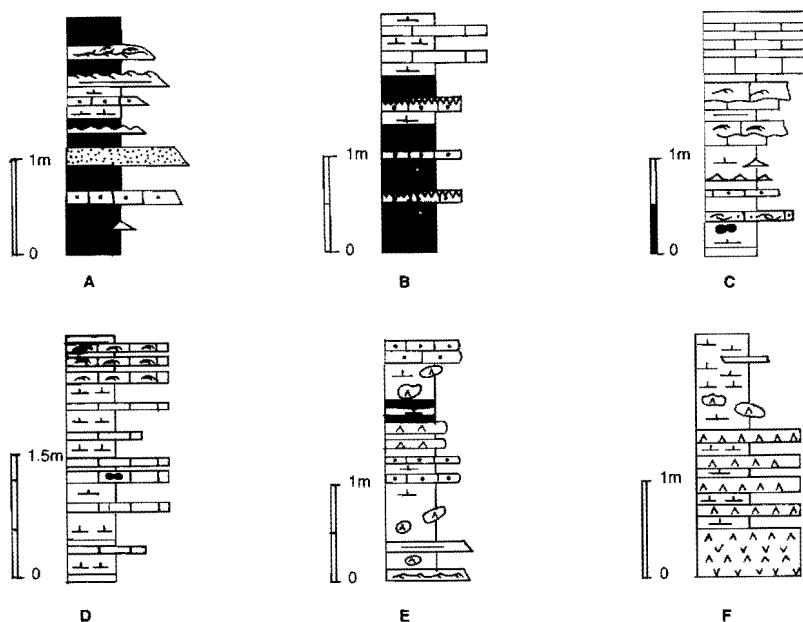
La potencia del segundo tramo predominantemente lutítico, no se ha evaluado en ninguna de las secciones aunque su potencia puede aproximarse a los 30-40 m. Está constituido por lutitas rojizas, edafizadas, entre las que se intercalan niveles centimétricos de calizas micríticas y bancos de areniscas. Los niveles de caliza corresponden a biomicritas y a pelmicritas limosas con abundantes fragmentos de ostrácodos, oogonios y restos de caráceas y de algas cianofíceas. Las arenitas, corresponden a calcilitas, con un 10% de clastos de cuarzo y cemento carbonatado.

De acuerdo con las observaciones realizadas, el primero de los tramos puede interpretarse como depósitos de abanico aluvial distal-orla de abanico y el segundo como facies de orla de abanico aluvial (fig. 10 A).

La edad de esta unidad, a tenor de los datos paleontológicos de áreas vecinas es Aragoniense medio-superior.

1.1.5.2. *Calizas tractivas y margas grises (16). (Aragoniense)*

Esta unidad consiste en dos niveles, separados por el segundo tramo lutítico, que constituye la unidad cartográfica (15).



- A- Facies de orla de abanico
 B- Secuencias de facies palustres
 C- Secuencias de facies lacustres de las dos unidades genético-sedimentarias superiores
 D- Secuencias de facies lacustres
 E- Secuencias de facies de margen de lago salino
 F- Secuencias de facies de lago salino

LEYENDA

	Areniscas		Yesos tabulares		Ripples de oscilación
	Calizas		Yesos nodulares		Laminación paralela
	Calcsiltitas		Estratificación cruzada en surco		Estratificación Wavy
	Lutitas		Estratificación cruzada planar		Estratificación Linsen
	Margas		Ripples de corriente		Marcas de raíces
			Ripples ascendentes		Cantos blandos
			Estratificación cruzada Hummocky		Nódulos de sílex

Fig. 10. Secuencias de facies representativas de los ambientes deposicionales que se desarrollan en la Hoja de Castejón de Monegros.

Los sedimentos correspondientes a este tramo tan sólo se han podido observar en la columna de Miramón (01) en donde se han medido 10 m correspondientes al primer nivel cartográfico. En la vecina hoja de Lanaja se ha reconocido el segundo nivel cartográfico que tiene una potencia de 30 m.

Los dos niveles correspondientes a esta unidad presentan unas características similares tratándose de una alternancia de calizas con margas. Las capas de caliza tienen espesores de escala centimétrica-decimétrica y pueden agruparse en bancos de hasta 2 m de espesor. Las calizas son micríticas y tienen un pequeño contenido en limos terrígenos y en restos orgánicos. Frecuentemente están bioturbadas y en algunas ocasiones presentan estructuras tractivas, como superficies de reactivación y *ripple marks*. En alguno de los niveles carbonatados, pueden observarse estromatolitos.

Al microscopio las calizas pueden clasificarse como biomicritas con restos de caráceas, ostrácodos y algas cianofíceas.

El medio de depósito de esta unidad fué, probablemente, un ambiente lacustre-palustre (fig. 10 C).

Por consideraciones estratigráficas regionales, se considera una edad Aragoniense medio-superior para esta unidad.

1.2. CUATERNARIO

1.2.1. **Gravas en matriz limo arcillosa (17, 24 Y 25). Terrazas. Pleistoceno**

En la esquina sur-occidental de la hoja se localizan una serie de depósitos constituidos por gravas predominantemente cuarcíticas con matriz arenosa y limo-arcillosa de tonos rojizos.

La mayor extensión de afloramiento corresponde a las terrazas de 3-5 y 10 m, observándose también una serie de retazos, al norte de la Carretera Nacional II, atribuibles a niveles de 40-60 m, sobre el actual nivel del río Ebro.

1.2.2. **Gravas y cantos con matriz arcillosa (18, 19 Y 20). Glacis. Pleistoceno-Holoceno**

En la zona central de la hoja y ocupando una amplia banda de dirección NO-SE, se ubican una serie de depósitos constituidos por gravas y cantos carbonatados en matriz arcillosa y margosa que pueden alcanzar potencias de 2-3 m y presentan morfología de glacis.

Su procedencia principal es septentrional, generándose a partir de los relieves de la Sierra de Alcubierre.

Se han reconocido hasta tres niveles de glacis, quedando los dos más antiguos colgados sobre los valles actuales, en tanto el inferior es prácticamente coincidente con el fondo

aluvial, si bien presenta una morfología de abanico amplio que se corresponde a la de un glacis.

Por su posición se han atribuido los niveles superiores al Pleistoceno y al Holoceno el inferior.

1.2.3. Cantos en matriz limo-arcillosa (21). Coluviones. Holoceno

Se han cartografiado como coluviones una serie de depósitos asociados a laderas, aunque también implican fondos aluviales cuyo contacto con el depósito de ladera es incierto. Se trata, por tanto, de sedimentos de origen aluvial-coluvial en la mayoría de los casos.

Están constituidos por cantos, predominantemente calizos, en matriz limo-arcillosa y que no alcanzan potencias importantes.

1.2.4. Cantos en matriz limo arcillosa (22). Conos de deyección. Holoceno

A la salida de algunos valles o barrancos se han reconocido depósitos de cantos, predominantemente de calizas o yesíferos, de escasa extensión y potencia que por su morfología corresponden a conos de deyección.

1.2.5. Arcillas y limos con materia orgánica (23). Zonas endorreicas. Holoceno

En la zona central de la hoja es frecuente la presencia de áreas con depósitos de arcillas y limos de tonos pardos y grises con contenido de materia orgánica, y que se corresponden a zonas de encharcamiento con características endorreicas.

Sin duda se trata de endorreismos efímeros propiciados por desbordamiento de cauces en momentos de lluvias esporádicamente muy intensas.

1.2.6. Gravas y cantos en matriz limo-arcillosa (24 y 26). Aluviales y fondos de "vales". Holoceno

Dada la naturaleza de los materiales existentes en la hoja, los depósitos relacionados con aluviales y fondo de "vale" son los más ampliamente representados en la misma.

En ocasiones pueden alcanzar extensiones considerables, sobre todo en las áreas centrales y meridionales, donde la pendiente topográfica media es menor. Su potencia observada no suele exceder los 2-3 m y están constituidos por gravas y cantos calizos o yesíferos predominantemente en matriz limo-arcillosa parda.

2. TECTONICA

2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La hoja de Castejón de Monegros 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.

La parte central de la Depresión del Ebro presenta una estructura geológica muy sencilla, con capas horizontales o con buzamientos máximos de 4 ó 5 grados, ya que se encuentra alejada de los orógenos alpinos.

2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

En la hoja de Castejón de Monegros se pueden distinguir dos zonas de comportamiento tectónico diferente. La Sierra de Alcubierre, constituida por una alternancia de niveles competentes y niveles blandos, ocupa la parte noreste de la hoja y presenta un ligero basculamiento hacia el suroeste. Estos materiales miocenos presentan un diaclasado característico muy intenso, con dos familias de fracturas principales subperpendiculares que denotan una distensión radial.

Los dos tercios restantes de la hoja constituyen un terreno deprimido, con abundancia de evaporitas, que no presenta apenas diaclasado, sino una fracturación muy sistemática, de escala cartografiable, que condiciona la instalación de la red fluvial con una orientación preferente en dirección NO-SE. Esta orientación es coherente con el basculamiento generalizado que afecta a la serie miocena de esta hoja y las vecinas, a lo largo de una gran extensión y que puede interpretarse como de edad Mioceno superior-Plioceno. Este basculamiento puede deberse al funcionamiento de fallas mayores que no tienen reflejo en superficie.

La fracturación NO-SE sólo afecta a los términos inferiores de la serie miocena, quedando excluidos los relieves de la Sierra de Alcubierre. Aunque se trata de una anisotropía fácilmente reconocible a escala cartográfica y en foto aérea, las observaciones de campo no permiten determinar el carácter de tales fracturas. Es posible tanto que se trate de fallas normales relativamente tardías como de fallas de desgarre relacionadas con eventos compresivos del Mioceno inferior. Asimismo, los materiales yesíferos de la mitad meridional de la hoja presentan localmente pequeñas ondulaciones debidas probablemente al plegamiento desarrollado en régimen compresivo durante el Mioceno inferior, del cual existen registros en muchos puntos de la región.

2.3. EVOLUCION TECTONICA

Los datos existentes en el marco de la hoja no permiten establecer grandes precisiones sobre su evolución tectónica.

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, así como una traslación continua del depocentro desde Cataluña a Los Monegros.

Existen indicios de actividad compresiva incluso hasta el Mioceno inferior en el sector central de la cuenca. En etapas mas 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 bastante 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 (σ_3 próximo a E-O, lo que hace que se forme una familia principal de diaclasas en torno a N-S. El intercambio de σ_2 y σ_3 en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar a una familia secundaria en dirección E-O. 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 se producen procesos diapíricos a pequeña escala promovidos por materiales yesíferos miocenos cubiertos por depósitos de glaciares, que dan lugar a pequeños domos o abombamientos en estos últimos.

3. GEOMORFOLOGIA

3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La hoja de Castejón de Monegros se localiza en la unidad fisiográfica de la Depresión Terciaria del Ebro ubicándose, de forma aproximada, en su zona central.

En el ámbito de la hoja queda también representada la morfología más meridional de los relieves del centro de la Depresión (ALBERTO *et al.* 1984) correspondientes a la Sierra de Alcubierre.

La precipitación media anual se sitúa en el área estudiada en torno a los 400 mm y la temperatura media es de 14-15°C.

La hoja de Castejón de Monegros queda incluida en la comarca natural de los Monegros, caracterizada por la presencia de materiales de precipitación química (calizas y yesos) y por su aridez.

Topográficamente pueden diferenciarse en la hoja tres dominios o ámbitos, coherentes con la disposición geográfica de los materiales existentes.

El tercio nororiental constituye una zona elevada, correspondiente a la terminación meridional de la Sierra de Alcubierre, labrada sobre sedimentos predominantemente calizos. Presenta una pendiente generalizada en dirección NO-SE con cota máxima en el vértice Chanzón (694 m), al norte, y mínima en Santa Quiteria (597 m), ya en el borde oriental de la hoja.

En el tercio sur-occidental la litología dominante son yesos, que dan lugar a unos relieves medios, suavemente alomados, con cotas máximas en torno a los 300-400 m (Poyos, 378 m).

Entre ambas zonas se localiza una banda de unos 10 km de anchura, de dirección NO-SE, morfológicamente más deprimida, ubicada sobre materiales predominantemente blandos que dan lugar a un relieve de escasa entidad, de suaves y amplias sucesiones de colinas y valles.

La red hidrográfica se encuentra escasamente jerarquizada, siendo en su totalidad tributaria del Ebro o sus afluentes, y no existiendo en el ámbito de la hoja ningún cauce permanente, siendo todos ellos funcionales sólo estacionalmente y a nivel local.

Paisajísticamente la zona presenta las características típicas de la comarca de los Monegros, es decir, condiciones generales de aridez, con vegetación escasa y pobre, presentando áreas de cultivo de cereal en su parte central, así como algunas zonas forestales ubicadas en la Sierra de Alcubierre.

3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

3.2.1. Estudio morfoestructural

El análisis geomorfológico de un área debe partir de un estudio morfoestructural, condicionando fundamentalmente por elementos intrínsecos, como litología y su disposición primi-

genia, entendiendo como tal su estructura estática y por ello sujeta a la actuación de agentes externos, fundamentalmente la acción de la erosión.

En este sentido se pueden distinguir en el área objeto de estudio, tres ámbitos morfológicos claramente diferenciables.

Al noreste los relieves de la Sierra de Alcubierre, litológicamente constituidos por una alternancia de calizas y margas o margas arcillosas, en las que es frecuente la presencia de superficies estructurales generadas a partir de los niveles calcáreos más resistentes, y que dan lugar a escarpes estructurales en los lugares en que la erosión ha llegado a afectar a estos niveles.

Una zona intermedia, de litología predominantemente blanda, especialmente favorable a la generación de morfologías suaves, en las que no existe evidencia de relictos de formas asociables a estructuras asociadas a litología, dando en cambio, lugar a áreas fácilmente modelables por la erosión y consecuente depósito de materiales ligados a procesos exógenos.

Por último, al suroeste, queda diferenciado un tercer ámbito asociado a litologías predominantemente yesíferas que constituyen un tramo más resistente a la erosión pero que dada la relativa homogeneidad de los materiales no conserva ninguna morfología asociada directamente a una perspectiva puramente endógena.

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, se constata en el área la existencia de tres dominios morfológicos netos con inmediata repercusión en la distribución de volúmenes orográficos, así como de las características de la red fluvial asociada.

La zona noreste se caracteriza por la existencia de relieves más enérgicos, presencia de superficies estructurales y notable desarrollo de formas fluviales tipo “vales”.

El límite con la zona intermedia, al suroeste, está marcado por la presencia de una notable incisión lineal en el área de enlace hacia áreas con predominio de las formas de acumulación (glacis, “vales”, aluviales y zonas de almacenamiento coluvial).

Por último, la zona suroeste queda caracterizada por la presencia de “vales” y de una incisión, no tan activa como la anterior, así como por la existencia de niveles de terrazas pertenecientes al río Ebro que discurre en zonas próximas.

3.2.2. Estudio del modelado

3.2.2.1. Laderas

En el área objeto de estudio se reconoce un proceso generalizado de regularización de vertientes que, dada su uniformidad, no aconseja la diferenciación de zona de coluvionamiento o acumulación en ladera, por lo que en aras de una más fácil comprensión del mapa hemos preferido prescindir de su caracterización cartográfica.

3.2.2.2. Formas fluviales

En el ámbito de la hoja y como consecuencia directa del régimen climático, no existen cauces permanentes ya que las precipitaciones son escasas y además se concentran en períodos de tiempo cortos.

Sólo en la esquina suroccidental de la hoja se reconocen depósitos de terrazas correspondientes al río Ebro que discurre unos kilómetros más al sur. Se han diferenciado tres niveles: dos inferiores, bien desarrollados, correspondientes a los de 3-5 m y 10 m y otro peor conservado de 40-45 m de cota relativa sobre el río y que aparece en forma de manchas poco extensas.

Quizás el modelado más característico relacionado con la red fluvial en esta zona sean las "vales" que se encuentran ampliamente representadas, pero que serán descritas en el apartado de formas poligénicas ya que en su formación interviene más de un proceso.

Se han diferenciado en la cartografía morfologías atribuibles a conos de deyección como formas de acumulación, mientras que los procesos de erosión reconocibles corresponden a incisión lineal que llega a generar zonas con clara tendencia al acarcavamiento (zona meridional de la Sierra de Alcubierre), así como *piping* localizados en algunos fondos de "vale" y procesos de arroyada en regresión que modelan alguna superficie de glacis.

También se han diferenciado los fondos de valle aluvial y llanuras de inundación asociadas a las mismas.

3.2.2.3. Formas endorreicas

El fenómeno endorreico es frecuente en esta zona central de la Depresión Terciaria del Ebro si bien alcanza un mejor desarrollo y extensión en áreas próximas situadas al sur.

En el ámbito de la hoja se han diferenciado algunas áreas no muy extensas y que por su ubicación pueden ser relacionadas con procesos de desbordamiento lateral o agotamiento frontal de las cauces de escorrentía principales.

3.2.2.4. Formas poligénicas

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

De entre estas formas, cabe destacar, por la abundancia en la zona estudiada, las "vales". Se trata de un morfología muy característica de la depresión y queda definida como una tupida red de barrancos de fondo plano que disectan fuertemente los materiales sobre los que se implantan.

Estas "vales" presentan forma de artesa con fondo plano, sin concavidad de enlace lateral evidente y generalmente se encuentran intensamente aterrazadas para cultivo, lo que indudablemente ha debido influir en los procesos de acumulación de depósitos. Su amplitud, muy variable, puede ser de decamétrica a hectométrica.

En la zona central de la hoja aparecen varias morfologías atribuibles a glaciés, que pueden alcanzar extensión kilométrica y en las que se han podido diferenciar hasta tres niveles a distintas cotas sobre los cauces fluviales. La mayoría de ellas enraiza en los relieves de la Sierra de Alcubierre.

Se han incluido también en la cartografía una serie de depósitos de origen mixto aluvial-coluvial que constituyen morfologías de enlace entre fondos aluviales y laderas con mayor espesor de sedimentos pero difícilmente diferenciables.

También se han señalado una serie de zonas definidas de origen incierto, incluso con posible influencia eólica, aunque su génesis fundamental sea seguramente por disolución, y que aparecen rellenas actualmente de depósitos mixtos aluvial-coluvial.

3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

Las peculiares características de la hoja, en relación a la extensión apreciable de las morfologías a las que se encuentran asociadas las formaciones superficiales, así como a la relativamente escasa complejidad litológica del sustrato terciario ha permitido la inclusión en el mapa geológico de la práctica totalidad de formaciones superficiales. Para ello se hace innecesaria una descripción detallada de las mismas en este capítulo ya que se encuentran suficientemente documentadas en el de Estratigrafía en sus apartados correspondientes.

Sólo cabe reseñar aquí la existencia de depósitos de escasa potencia, raramente superior a los 50 cm asociados a las superficies estructurales localizadas en la Sierra de Alcubierre constituidos por cantos calizos en matriz limo arcillosa y que no han sido incluidos en el mapa geológico.

Igualmente, y como ya se ha indicado, es frecuente la presencia en el área de un proceso de regularización de vertientes que genera la existencia de un tapiz de sedimentos poco potente e irregularmente distribuido, predominantemente arcilloso y con inclusión de algunos cantos que, en ningún caso, constituye un revestimiento notable.

3.4. EVOLUCION DINAMICA

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

ZUIDAM (1976) señala la existencia de una superficie de erosión sobre las calizas de la Muela (620 m aproximadamente) al sur de Zaragoza, con niveles de costras carbonatadas a techo.

En la hoja de Ejea de los Caballeros es posible observar sobre las muelas calcáreas de edad miocena de la Sierra de Castejón un importante nivel de costra carbonatada que preserva un nivel de alteración arcilloso de 8 a 10 metros de potencia situado a 750 metros de altura. Este nivel de encostramiento puede representar una primera superficie de erosión comparable a la señalada por ZUIDAM (*op. cit.*) al sur del Ebro, pero situada a cota algo superior. Dicho autor supone una edad fini-pliocena o comienzos del Pleistoceno para esta superficie. Dicha superficie no es visible en la Hoja de Castejón de Monegros.

En el área septentrional (Sierra de Alcubierre) se localizan una serie de superficies estructurales correspondientes a las zonas más elevadas de los relieves.

El siguiente estadio en la evolución morfológica viene marcado en este área por la presencia de la terrazas del Ebro (borde suroccidental de la hoja), así como por la existencia de los niveles de glaciares localizados en la zona central del área.

Un posterior encajamiento se relaciona con la instauración de la red fluvial actual con la que se encuentran relacionados, tanto los procesos de incisión en las zonas de cabecera como las acumulaciones de los fondos aluviales y "vales", así como de las zonas endorreicas.

También debe constatar la presencia de un proceso muy reciente de incisión que se pone de manifiesto por la presencia de regueros activos que generan morfologías de incisión observables en algunos fondos de "vale" o aluviales. Es en estas mismas zonas donde se han observado fenómenos de *pipping* que parecen también indicar la existencia de una cierta inestabilidad en el equilibrio de los procesos de erosión-sedimentación.

3.5. MORFODINAMICA ACTUAL Y/O SUBACTUAL

El proceso general de morfología más notable en la actualidad en el ámbito de la hoja es el de incisión lineal, localizado fundamentalmente en la vertiente sur de la Sierra de Alcubierre.

La presencia de vegetación es, en general, el factor que puede influir en el futuro en el desarrollo de este proceso dado que es previsible el mantenimiento de condiciones climáticas semi-áridas similares a las actuales en el área.

Los rellenos de fondo de las "vales" se encuentran actualmente afectadas con frecuencia por proceso de incisión y abarrancamiento y *piping*, lo que parece indicar que no son activos como depositarios de rellenos o que, al menos, existe un cierto equilibrio entre los procesos de erosión-sedimentación. Dicho equilibrio puede verse alterado en uno u otro sentido por pequeñas variaciones, incluso locales, de su entorno (vegetación, pequeñas variaciones climáticas, etc.).

4. HISTORIA GEOLOGICA

La hoja de Castejón de Monegros 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 llerdiense, tuvo lugar una transgresión marina generalizada de forma que durante gran parte del Eoceno, en la cuenca se desarrollaba una sedimentación marina.

En el Eoceno superior (Priabonense), 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 Castejón de Monegros pertenecen al Mioceno inferior (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 Galocha-Ontiñena, unidad Bujaraloz-Sariñena, unidad Remolinos-Lanaja, unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora y unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón. 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. Los aportes de los materiales aluviales presentes en la zona cartografiada provienen del Pirineo a excepción de los materiales de la unidad Galocha-Ontiñena y las partes bajas de la unidad de Bujaraloz-Sariñena que muestran una procedencia ibérica.

Los materiales más antiguos de la hoja son los depósitos de abanico aluvial distal/margen de lago salino y palustres del techo de la unidad Galocha-Ontiñena (Ageniense). Representan una etapa en la que, en esta parte de la cuenca, tenía lugar la sedimentación de materiales fluvio-aluviales, de ríos meandriformes con llanuras de inundación de gran extensión areal.

Los depósitos de la base de la unidad Bujaraloz-Sariñena, formada por sedimentos arcillosos rojos y evaporíticos correspondientes al tránsito aluvial distal-margen de lago salino, reflejan un período de reactivación de los sistemas aluviales, de procedencia ibérica, durante el

Ageniense-Aragoniense inferior. Por el contrario la sedimentación evaporítica de su parte superior, refleja un importante período de expansión lacustre salina.

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

Los materiales de origen aluvial distal/palustres, que en la parte nor-oriental de la hoja, constituyen la base de la Unidad Remolinos-Lanaja, representan otra etapa de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales. Dentro de la zona, se puede constatar que estos materiales, desde el sector central y hacia el sector occidental y nor-occidental evolucionan a facies margo-evaporíticas, de margen de lago salino y de lago salino. La existencia de otra etapa de expansión lacustre, condiciona la sedimentación de los materiales margo-carbonatados, que forman la parte superior de esta unidad.

La evolución temporal y espacial, de la Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora es similar a la registrada por la anterior unidad. La base de esta unidad representa una reactivación de los sistemas aluviales durante el Aragoniense medio. En el sector noreste de la hoja esta unidad está constituida por un tramo inferior correspondiente a depósitos de orla de abanico que hacia el sur son dos tramos separados por un tramo carbonatado. Estas facies, hacia el sector occidental de la zona, evolucionan a facies de margen de lago salino y de lago salino. De forma similar a la unidad inferior el techo de esta unidad está constituido por un amplio nivel margo-carbonatado que refleja la existencia de una etapa de expansión lacustre.

Por encima de estos materiales se depositan los sedimentos predominantemente lutíticos de orla de abanico que constituyen la base de la unidad Sierra de Lanaja- Montes de Castejón. La presencia de estos sedimentos indica una nueva reactivación de los sistemas aluviales con pequeños sistemas lacustres asociados durante el Aragoniense medio-superior. El techo de la unidad está constituido por un extenso nivel carbonatado que refleja una etapa de expansión de las áreas de sedimentación lacustres.

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

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

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

5. GEOLOGIA ECONOMICA

5.1. RECURSOS MINERALES

El entorno geográfico y la población de la hoja es el correspondiente a una zona árida semi-desértica. Ello determina muy poca demanda sobre las rocas industriales de uso cercano tales como rocas de construcción o arcillas para cerámica estructural.

De un modo temporal y ocasional la construcción de la Autopista A-2 demandó un fuerte flujo de áridos de machaqueo cuyo suministro se obtuvo de explotaciones situadas fuera de la hoja.

Tan sólo están documentados 3 indicios, dos de ellos para rocas y uno para mineral industrial.

No existen indicios de minerales metálicos o energéticos.

5.1.1. Minerales no metálicos

Tan sólo se tiene documentada la existencia de un indicio de anhidrita, detectado por sondeo en la perforación del "Monegrillo-1" (para petróleo) situado 2.200 m al SO de la localidad de Monegrillo (Zaragoza). No se dispone de otros datos respecto de potencias y litología. Se puede suponer que corresponda a la Fm. Evaporítica miocena, posiblemente Fm. Yesos de Zaragoza.

5.1.2. Rocas industriales

5.1.2.1. Aspectos generales

Dentro de la muy escasa actividad que respecto de este capítulo se ha registrado en el área de la hoja, destaca un grupo de canteras (tres al menos) al NO de Castejón y una explotación de arcillas al NE de Pina. Todo ello inactivo actualmente.

En las canteras de Castejón se explotaban calizas para mampostería y en el barrero de Pina arcillas para cerámica estructural.

5.1.2.2. Descripción de los materiales

En las canteras de Castejón se explotaban, dentro de la formación Alcubierre, niveles sub-métricos de calizas micríticas lacustres incluídas en secuencias margocalizas de hasta 5 m. El laboreo era artesanal, tanto por el destino, mampostería, como por la alta tectonicidad que presentan los niveles. Es habitual la presencia de material arcilloso en estos bancos lo que determina su baja calidad como material para áridos y la limitación para el uso que se les ha dado. Las reservas pueden considerarse medianas, así como la explotabilidad. Todo ello condicionó labores modestas y su posterior abandono.

MINERALES METALICOS Y NO METALICOS

NUMERO	COORDENADAS UTM	LITOLOGIA	MUNICIPIO Y PROVINCIA	SUSTANCIA	NATURALEZA DEL DEPOSITO	OTROS DATOS
3	709.200/ 4598.200	Yesos, margas, limos yesíferos	Monegrillo (Z)	Anhidrita	Evaporítica	Detectado por la perforación petrolífera "Monegrillo 1"

ROCAS INDUSTRIALES

NUMERO	COORDENADAS UTM	LITOLOGIA	MUNICIPIO Y PROVINCIA	SUSTANCIA	NATURALEZA DEL DEPOSITO	OTROS DATOS
1	729.250/ 4612.800	Calizas y margas	Castejón de Monegros (H)	Caliza	Sedimentaria	Al menos tres labores artesanales para piedra de mampostería (inactiva).
2	713.980 / 4611.230	Arcillas, arcillas margosas, yeso	Pina de Ebro (Z)	Arcilla común	Evaporítica	Formación Longares (Miembro Codo). Arcillas muy esmectíticas (no explotado)

El yacimiento de arcillas se encuentra a 3 km al NE de Pina, tal como ha sido descrito en el proyecto IGME 131/86. Se trata de un frente no mayor de 2 m de arcillas margosas rojizas muy esmectíticas con intercalaciones margosas grises, en disposición horizontal y bajo 0,5 m de yeso. Su explotabilidad es poco favorable.

5.2. HIDROGEOLOGIA

En el ámbito de esta hoja comprendida en la Comarca de Los Monegros no hay definido ningún sistema acuífero, salvo en su esquina suroccidental donde aflora un pequeño retazo de una de las terrazas del Ebro incluida en el sistema acuífero nº 62 del ITGE "Aluvial del Ebro y afluentes".

Solamente tienen algún interés hidrogeológico a nivel local los depósitos cuaternarios asociados a glaciares y rellenos de barrancos. Las formaciones terciarias son prácticamente impermeables aunque no se puede descartar la existencia de flujos lentos de carácter regional.

La recarga de los acuíferos se debe principalmente a la infiltración de las precipitaciones y de los cursos superficiales efímeros. También estas formaciones cuaternarias pueden recibir aportes de los materiales encajantes aunque probablemente constituyan un porcentaje mínimo. La descarga se realiza por surgencias situadas en los niveles topográficos más bajos.

La explotación es muy pequeña y la mayoría de las captaciones están inutilizadas. La mayor parte del inventario corresponde a pozos excavados de escasa profundidad (ver cuadro resumen).

Es esperable que las aguas de los acuíferos cuaternarios estén menos mineralizadas que las que proceden de los materiales terciarios aunque se puede producir una influencia contaminante de estos últimos.

5.2.1. Climatología

El Instituto Nacional de Meteorología controla dentro de la hoja 6 estaciones, de las cuales 3 sólo toman registro de precipitación y en las otras 3 restantes se registra también la temperatura.

Como se puede observar en el mapa de isoyetas la precipitación media anual ronda los 400 mm, siendo esta zona central de la cuenca del Ebro la que registra valores más bajos de pluviometría.

Las épocas más lluviosas coinciden con la primavera y el otoño, con máximos de precipitación en el mes de mayo. El mes más seco es julio. Las precipitaciones suelen producirse de manera irregular y concentrada en cortos períodos de tiempo.

La temperatura media anual obtenida para un período de 45 años (1940-1985) en la estación 9575 Castejón de Monegros es de 14,7°C. La variación anual de temperatura es del orden de 18,6°C con mínimos en enero y máximos en julio.

CUADRO RESUMEN DEL INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

OCTANTE	NATURALEZA (*)				CAUDAL MEDIO (m ³ /h)			PROF.MEDIA (m)		Nº TOT. PTOS.
	M	P	S	O	M	P	S	P	S	
1	–	2	–	–	–	–	–	6	–	2
2	–	2	1	–	–	–	–	8,5	152	3
3	–	1	–	–	–	–	–	7	–	1
4	1	1	1	1	0,01	–	–	10	290	4
5	1	4	1	–	–	–	–	16	50	6
6	–	2	–	–	–	–	–	5	–	2
7	–	1	–	–	–	–	–	5,5	–	1
8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
TOTAL HOJA	2	13	3	1	0,01	–	–	8	–	19

(*) Naturaleza: M - Manantial
P - Pozo
S - Sondeo
O - Otros: balsas, galerías, ...

Según la clasificación agroclimática de Papadakis en la hoja se pueden distinguir dos zonas cuyo límite está marcado por la estribaciones de la Sierra de Alcubierre. La parte norte tiene un tipo de clima mediterráneo continental templado con invierno avena fresco, verano arroz y régimen de humedad mediterráneo cálido. La parte sur tiene un clima mediterráneo continental templado, con invierno avena cálido, verano arroz y régimen de humedad mediterráneo seco.

5.2.2. Hidrología

A la hora de diferenciar las cuencas hidrográficas en la hoja se ha seguido el criterio de la clasificación decimal de ríos del MOPU.

La divisoria hidrográfica considerada sigue en casi todo su recorrido el borde de la Sierra de Alcubierre y separa a cada lado barrancos vertientes al Ebro, orientados NE-SO los de la parte sur y NO-SE los de la parte norte.

No existe ningún curso de agua de carácter permanente. Los barrancos funcionan ocasionalmente asociados a los períodos lluviosos. Muchos de ellos se pierden por infiltración en los depósitos cuaternarios.

Dentro de la hoja no existe ningún punto de control de caudal ni de calidad química.

5.2.3. Características hidrogeológicas

Los únicos materiales con interés hidrogeológico son los depósitos cuaternarios que están asociados a glaciares y rellenos de fondo de barranco. El nivel de terraza del Ebro no presenta desarrollo suficiente en la hoja como para considerarlo de interés.

Los rellenos continentales terciarios que son el sustrato de los anteriores no presentan buenas características de permeabilidad aunque se puede dar algún proceso de circulación regional muy lenta dirigida hacia el centro de la cuenca. Hidrogeológicamente se podría tipificar como acintado.

5.2.3.1. Depósitos cuaternarios

Estos materiales son fundamentalmente gravas y cantos de matriz limo-arcillosa.

Los de mayor extensión y potencia son aquellos asociados a glaciares y a aluviales-fondos de valle. Suelen tener una potencia de 2-3 m. Los coluviones y conos de deyección ocupan superficies mucho menores.

La terraza del Ebro que ocupa la esquina suroeste de la hoja tiene la misma litología que los anteriores aunque con mayor porcentaje de arenas en la matriz.

No se tienen datos cuantificados de permeabilidad ni de transmisividad. Según la litología descrita es esperable una permeabilidad elevada aunque con sensibles variaciones locales debido a los frecuentes cambios en las proporciones de fracciones finas y groseras.

Las vías fundamentales de recarga de estos pequeños acuíferos son la infiltración de la precipitación y de las aguas que se circulan por los barrancos. Los aportes de los materiales terciarios son prácticamente nulos.

El flujo subterráneo se dirige hacia las zonas topográficamente más bajas, descargando en éstas. La explotación es tan pequeña que no resulta un factor a considerar a la hora de evaluar la descarga.

Los recursos son muy pequeños, de un orden mucho menor a la precipitación, y las reservas pueden considerarse inexistentes y el nivel de drenaje basal.

La escasez de puntos de agua en la hoja es índice de las condiciones de extrema sequedad que afectan a la zona y que provocan la escasez demográfica y agrícola.

La mayoría de los puntos de agua incluidos son pozos de escasa profundidad, estando muchos de ellos en situación de abandono. Otros que disponen de equipo de extracción manual se utilizan ocasionalmente para abrevamiento de rebaños de ovejas.

5.2.3.2. Formaciones terciarias

No presentan características favorables para la captación de aguas subterráneas pero existe alguna evidencia de tipo hidrogeoquímico (ver apartado de calidad) que pone de manifiesto la existencia de algún tipo de flujo dentro de estos materiales.

Como hipótesis, a falta de datos concretos que lo corroboren, se puede suponer un flujo lento a escala regional convergiendo hacia el centro de la cuenca.

5.2.3.3. *Hidroquímica*

Solamente se dispone de un dato de análisis del punto 291510001 situado en las formaciones terciarias. Presenta una conductividad elevada ($9.000 \mu\text{S}/\text{cm}$) y es de carácter sulfatado-clorurado, sódico-magnésico con altos porcentajes de sílice.

Se puede deducir para estas aguas un origen relacionado con disolución de arcillas afectado también por contaminación (altos contenidos en nitratos) y evaporación (precipitación de bicarbonatos).

Las aguas de los depósitos cuaternarios presentarán una menor mineralización dado su escaso tiempo de tránsito en el medio aunque pueden verse afectadas por aportes de los materiales terciarios.

5.3. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS GENERALES

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

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

AREA I

Comprende los depósitos terciarios con predominio de las formaciones yesíferas del Valle del Ebro.

Dentro de este área se pueden distinguir las siguientes zonas:

Zona I,

A ella pertenecen las unidades cartográficas (1), (3), (5) y (8).

Está constituida por arcillas y margas con yesos nodulares. Las arcillas y margas se presentan en forma masiva, siendo las pasadas yesíferas las que marcan la estratificación.

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 I₂

A ella pertenecen las unidades cartográficas (4), (6), (7) y (9).

Está formada por yesos de aspecto tabular y en ocasiones nodular, con margas.

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

La acción de la escorrentía puede originar problemas por disolución.

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

Este grupo geotécnico no es ripable.

Zona I₃

A ella pertenecen las unidades cartográficas (2), y (10).

Está constituida por arcillas con limos y arenas y tablas finas de caliza.

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

Posee un mal drenaje profundo, debido a la impermeabilidad intrínseca de las margas. Esto puede ocasionar riesgos de encharcamiento, si coinciden con determinadas características topográficas.

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

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

AREA II

Comprende los depósitos terciarios constituidos por una alternancia de margas y calizas con algún tramo con predominio de yesos. Constituyen los relieves de la Sierra de Alcubierre.

Dentro de este área se pueden diferenciar las siguientes zonas:

Zona II,

A ella pertenecen las unidades cartográficas (11), (12) y (13).

Está constituida por capas de calizas, arcillas y algún nivel de areniscas, dispuestas horizontalmente y con una estratificación homogénea.

Puede presentar problemas de ripabilidad en los niveles de caliza.

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.

Zona II,

Comprende la unidad cartográfica (14).

Está constituida por arcillas con niveles de caliza y yeso nodular.

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

El conjunto es impermeable lo que puede originar encharcamiento.

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

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

Zona II,

Comprende las unidades cartográficas (15) y (16).

Está constituida por arcillas, arenas y calizas tabulares.

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

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

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

AREA III

Comprende los depósitos formados por gravas, arenas, arcillas y limos generalmente.

Se han distinguido las siguientes zonas:

Zona III₁

Está formada por las unidades cartográficas (17), (24), y (25).

Está constituida por gravas bien rodadas de diversos tamaños y de naturaleza poligénica, si bien destacan las cuarcíticas. Eventualmente presentan cementación. También están presentes arenas, limos y arcillas en mayor o menor proporción. Presentan morfología de terraza. 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 III₂

Está formada por las unidades cartográficas: (18), (19) y (20).

Está constituida por gravas y cantos empastados en una matriz arcillosa.

Presenta la estructura típica tipo glacis con pendientes de 5° a 10°.

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

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

Zona III₃

Está formada por las unidades cartográficas (21) y (22).

Está formada por cantos en matriz limo arcillosa.

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 drenaje malo en profundidad y fácilmente encharcable en superficie.

Zona III_d

Está formada por la unidad cartográfica (23).

La constituyen unas arcillas y limos con materia orgánica, de origen lagunar reciente.

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

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

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

Zona III_s

Está formada por las unidades cartográficas: (24) y (26).

La forman gravas y cantos en matriz limo arcillosa, que constituyen amplios mantos aluviales de estructura plana.

Presenta características geotécnicas aceptables, aunque localmente presenta superficies de encharcamiento. Asimismo, pueden presentar peligro de asientos importantes.

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

La hoja de Castejón de Monegros se sitúa dentro del sector central de la Cuenca del Ebro, al sur de la Sierra de Alcubierre, que se caracteriza por una gran homogeneidad desde el punto de vista geológico y fisiográfico, de manera que los P.I.G. resultantes en cada hoja deben entenderse en el ámbito y a la escala de ese sector central. En general al norte de la Sierra de Alcubierre predominan los materiales detríticos y al sur los yesíferos, lo que condiciona el tipo de paisaje.

Con el conocimiento previo de la geología de la hoja de Castejón de Monegros y de su importancia dentro del sector central de la Cuenca del Ebro se ha establecido una selección de posibles P.I.G. usando un método directo de subjetividad compartida (CLAVER *et al.* 1984) entre los distintos técnicos que han contribuido a la realización de esta hoja.

CUADRO RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE LOS MATERIALES DE LA HOJA DE LANAJA

AREAS	ZONAS	UNIDADES CARTOGRAFICAS	LITOLOGIA	ESTRUCTURA	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
I	I ₁	(1), (3), (5) y (B)	Arcillas y margas con yesos nodulares.	Masiva	Baja permeabilidad, mal drenaje superficial. Agresividad a los hormigones por la presencia de yeso. Posibilidad de aterramientos. Formación ripable.
	I ₂	(4), (6), (7) y (9)	Yesos con margas.	Aspecto tabular.	Problemas de disolución por la acción de la escorrentía. Problemas intensos de agresividad a los hormigones. No ripable.
	I ₃	(2) y (10)	Arcillas con limos y arenas y tablas finas de caliza.	Capas subhorizontales de pendientes suaves.	Materiales ripables. Mal drenaje profundo, por la impermeabilidad de las margas. Capacidad de carga moderada de media a baja, posibilidad de asientos diferenciales en cimentaciones. Fácil erosio-erosionabilidad de los materiales.
II	II ₁	(11), (12) y (13)	Calizas, arcillas y algún nivel de arenisca.	Disposición horizontal y estratificación homogénea.	Materiales ripables, excepto los niveles calizos de cierta potencia. Posibles desprendimientos de bloques de calizas por descalce de los niveles margosos. La permeabilidad diferencial entre calizas y margas puede ser causa de pequeños manantiales. Buen drenaje superficial.
	II ₂	(14)	Arcillas con niveles de calizas y yeso nodular.	Capas sub-horizontales de pendientes suaves.	Materiales ripables. Conjunto impermeable. Capacidad de carga moderada, entre media y baja. Fácil erosionabilidad de los materiales. Agresividad a los hormigones por la presencia de iones sulfato.
	II ₃	(15) y (16)	Arenas, arcillas y calizas tabulares.	Capas sub-horizontales de pendientes suaves.	Materiales ripables. Mal drenaje profundo, por la impermeabilidad de las margas. Capacidad de carga moderada, entre media y baja.
III	III ₁	(17), (24) y (25)	Gravas bien rodadas, de diversos tamaños y naturaleza poligénica.	Morfología de terraza.	Materiales ripables, aptos para la obtención de gravas y préstamos. Admite taludes prácticamente verticales. Materiales permeables, el drenaje se efectúa por infiltración.
	III ₂	(18), (19) y (20)	Gravas y cantos en matriz arcillosa.	Estructura tipo glacis con pendientes de 5° a 10°	Taludes inestables por su fácil erosionabilidad. Ripabilidad alta, y permeabilidad muy baja. Puede presentar problemas de aterramiento locales.
	III ₃	(21) y (22)	Cantos en matriz limo arcillosa.	Laderas tendidas a áreas llanas. Coluviones y conos de deyección.	Conjunto ripable, de capacidad portante media-baja. Drenaje deficiente en profundidad y fácilmente encharcable.
	III ₄	(23)	Arcillas y limos con materia orgánica.	Depósitos poco potentes de sedimentación endorreica.	Zona inundable debido a su baja permeabilidad y mal drenaje superficial. Problemas de agresividad por la presencia de yesos.
	III ₅	(24) y (26)	Gravas y cantos en matriz limo arcillosa.	Mantos aluviales de estructura plana.	Materiales con características geotécnicas aceptables. Localmente puede presentar superficies de encharcamiento. Peligro de asientos importantes.

De esta primera selección se han escogido un total de 6 P.I.G. Todos ellos poseen un marcado contenido sedimentológico y estratigráfico y abarcan desde la unidad miocena más alta hasta la más baja de las que afloran en la hoja. La utilización que se propone para estos P.I.G. es fundamentalmente científica y didáctica y su importancia se considera regional.

Posteriormente, y usando el mismo criterio de selección anteriormente citado, se escogieron dos, de entre los seis puntos iniciales por considerarlos los más representativos de la hoja y los que mejor ilustraban la geología del sector central de la Cuenca del Ebro. A continuación se describen brevemente.

P.I.G. Nº 1

La serie de La Almolda es quizás una de las mejores por sus buenas condiciones de afloramiento y accesibilidad, que se pueden realizar en materiales del Terciario continental del sector central. Se realiza por la carretera asfaltada que, partiendo del pueblo de la Almolda, conduce a la Ermita de Santa Quiteria. El principal atractivo de este P.I.G. es la observación de ejemplos de estructuras sedimentarias de tipo *hummocky*, en depósitos continentales lacustres.

P.I.G. Nº 2

Las facies lacustres-palustres de la Unidad Galocha-Ontiñena al este de Alfanzar constituyen el registro estratigráfico más bajo que aparece en el conjunto de hojas estudiado. Se localizan en la carretera que une la población de Pina de Ebro con la carretera N-II. El afloramiento ofrece una buena visión de materiales detrítico-carbonatados con procesos edáficos.

7. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTÍ, J., CABRERA, Ll., 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 RODRÍGUEZ 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., VAN DER MEULEN, A. J., SESE, C. y de VISSER, J. (1990). Paleontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta. Geologica.* 94: 75 pp.
- ANADÓN, P., CABRERA, 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 N₂ y N₃ en el centro de la Cuenca del Ebro. *Geogaceta*, 9, pp. 67-70.
- AZANZA, B., CANUDO, J. I. y CUENCA, G. (1988). Nuevos datos bioestratigráficos del Terciario continental de la Cuenca del Ebro (sector centro-occidental). *II Congreso Geológico de España*. Granada. Vol. 1, pp. 261-264.
- CABRERA, LL. (1983). *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Oligo-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. pp. 90, 70.
- HERNÁNDEZ, A., COSTA, J. M., SOLA, J., VAN DEN HURK, A. M., RAMÍREZ, J. I., SALAZAR, A., NAVARRO, J. J., ESNAOLA, J. M., GIL, C. y MARQUÉS, L. A. (1991). Evolución genético-sedimentaria de la unidad de Zuera. (Mioceno inferior, Cuenca del Ebro). *I Congreso del grupo Español del Terciario*. Vic, pp. 162-165.

- 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 uraninífera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1976). Área lignitífera y uraninífera de Mequinenza (Lérida-Tarragona, Huesca y Zaragoza) (inédito).
- IGME (1981). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario de Pamplona-Zaragoza (inédito).
- IGME (1981). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario del sector de Benabarre-Igualada (inédito).
- IGME (1985). Prospección previa de lignitos en el área de Pinós-Molsosa (Lérida-Barcelona) (inédito).
- IGME (1986). Prospección previa de lignitos en el área de Bages-Moianes (Barcelona) (inédito).
- IGME (1987). Síntesis Geológico-Minera de los carbones del noreste peninsular (inédito).
- J. E. N. (1977). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraniníferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- J. E. N. (1977). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraniníferas 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).
- MEIN, P. (1975). Report on Activity. *RCMNS Working groups*. Bratislava, pp. 78-81.
- PÉREZ, A., MUÑOZ, A., PARDO, G., VILLENA, J. y ARENAS, C. (1988). Las unidades tectosedimentarias del Neógeno del borde Ibérico de la Depresión del Ebro (sector central)". En: A. Pérez, A. Muñoz y J.A. Sanchez (eds.), *Sistemas lacustres neógenos del margen ibérico de la Cuenca del Ebro, Guía de Campo. III Reunión Grupo Especial de Trabajo, PICG 219*, pp. 7-20.
- PÉREZ, A., MUÑOZ, A., PARDO, G. y VILLENA, J. (1989). Evolución de los sistemas lacustres del margen ibérico de la Depresión del Ebro (sectores central y occidental) durante el Mioceno. *Acta Geológica Hispánica*, v. 24 nº 3-4, pp. 243-257.

- PUIGDEFABREGAS, C., MUÑOZ, J. A. y MARZO, M. (1986). Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequence in the southern foreland basins. En: P.H. Allen y P. Homewood (eds.), *Foreland basins. Spec. Pub., Int. Ass. Sedim.* 8, pp. 319-336.
- QUIRANTES, J. (1969). Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros. Tesis Doctoral. Univ. de Granada. Publicada en 1978 por: *Institución "Fernando El Católico" (CSIC). Diputación Provincial de Zaragoza*, 200 p.
- RIBA, O. (1955). El Terciario continental de la Rioja alta y de la Bureba. Informe nº 97, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1961). Geological Report on the Continental Tertiary of the Western Ebro Basin and Neighbouring Basins. Report CV-131, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (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. M.º Ríos. Geología de España*, IGME, T. 2, pp. 131-159.
- 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.

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



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA