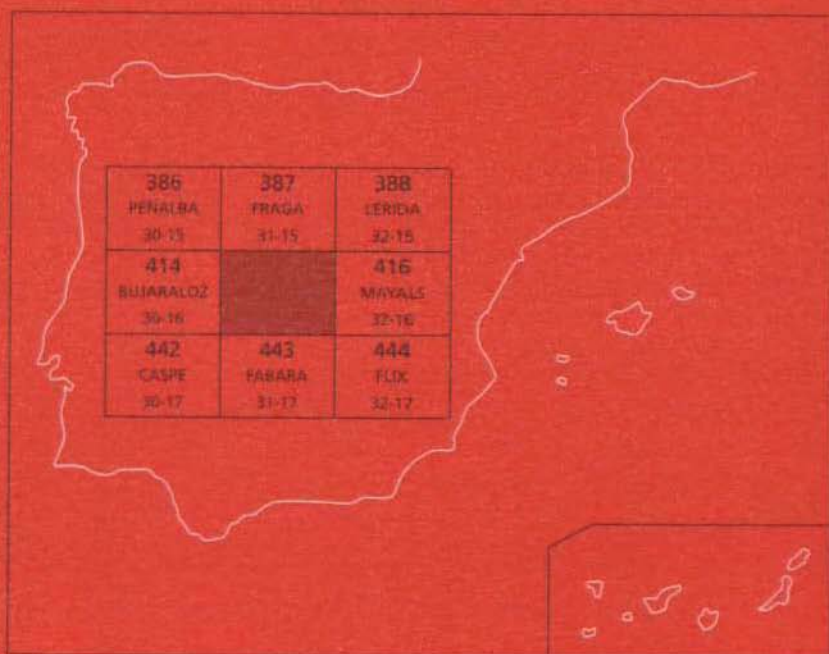




MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50,000

Segunda serie - Primera edición



MEQUINENZA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

MEQUINENZA

© INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M-25.322-1997

ISBN: 84-7840-301-9

NIPO: 241-96-007-6

Fotocomposición: Cartografía Madrid, S. A.

Impresión: Hispagraphis, S. A.

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Mequinenza (415) han sido realizados, durante 1991 y 1992 por la Compañía General de Sondeos S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

Mapa Geológico: A. van den Hurk y J. J. Navarro (CGS)

Mapa Geomorfológico: A. Olivé (CGS)

Memoria*:

Estratigrafía: A. van den Hurk y J. J. Navarro (CGS)

Geomorfología: A. Olivé (CGS)

Tectónica: J. J. Navarro (CGS)

Neotectónica: L. Arlegui y C. Liesa (Univ. Zaragoza)

Hidrogeología: J.C. González Llamazares (CGS)

Geología Económica: A. García Villar (CGS)

Geotecnia: A. Hernández Samaniego (CGS)

Han colaborado en aspectos parciales:

Sedimentología de laboratorio: H. Pascual Muñoz y A. van den Hurk (CGS)

Micropaleontología: J. Ramírez del Pozo

Micromamíferos: G. Cuenca (Univ. Zaragoza)

Dirección del Estudio: A. Barnolas Cortinas y A. Robador Moreno

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

INDICE

	<i>Páginas</i>
0. INTRODUCCION	9
1. ESTRATIGRAFIA	11
1.1. Terciario	17
1.1.1. Unidad Alfés-Ribarroja (Aitona)	17
1.1.1.1. Calizas intensamente bioturbadas (1). (Chattiense)	17
1.1.2. Unidad Fayón-Fraga (Mina la Pilar)	19
1.1.2.1. Paleocanales rellenos de areniscas gipsíferas (2). Alternancia de areniscas y arcillas con yeso (3). (Chattiense)	20
1.1.2.2. Lutitas rojas y pardas, areniscas y calizas palustres (5). Calizas (4). (Chattiense)	22
1.1.2.3. Calizas arenosas, areniscas calcáreas, margas y lignitos. (6). (Chattiense)	23
1.1.3. Unidad Mequinenza-Ballobar	24
1.1.3.1. Areniscas en paleocanales (7). Arcillas versicolores, cuerpos arenosos y carbonatados aislados (8). Calizas tableadas (12). (Chattiense).	25
1.1.3.2. Calizas arenosas, areniscas calcáreas y margas (9). (Arverniense).	27
1.1.3.3. Calizas bioturbadas y margas (10). (Chattiense)	28
1.1.3.4. Lutitas vinosas y versicolores con yeso nodular y calizas (11). (Chattiense)	29
1.1.4. Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca.....	30
1.1.4.1. Arcillas rojas, canales de arenisca, areniscas tabulares y calizas (13). (Chattiense-Aquitaniense)	32
1.1.4.2. Calizas arenosas. Areniscas calcáreas y margas (14). (Chattiense-Aquitaniense)	33
1.1.5. Unidad Galocha-Ontiñena (Montnegre).....	34

1.1.5.1. Calizas, margas y arcillas rojas con yeso nodular (15). (Aquitaniense)	36
1.1.5.2. Alternancia de areniscas y arcillas rojas (16). (Aquitaniense) ..	36
1.2. CUATERNARIO	37
1.2.1. Gravas y cantos con matriz limo-arcillosa (17, 18 y 19). Glacis y glacis degradados. Pleistoceno.....	37
1.2.2. Gravas con matriz limo-arenosa (20, 21, 22, 23, 24 y 25). Terrazas. Pleistoceno-Holoceno	39
1.2.3. Cantos con matriz limo-arcillosa (27 y 28). Coluviones y conos de deyección. Limos y arcillas con cantos (26). Depósitos aluvial-coluvial. Holoceno	39
1.2.4. Arenas, arcillas y gravas. (29). Llanura de inundación y barras. Holoceno	39
1.2.5. Arenas, limos y arcillas con cantos (30). Aluviales y fondos de valle. Holoceno	39
2. TECTONICA.....	40
2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL	40
2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	41
2.3. EVOLUCION TECTONICA.....	42
2.4. NEOTECTONICA.....	43
3. GEOMORFOLOGIA	43
3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA	43
3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO	44
3.2.1. Estudio morfoestructural	44
3.2.2. Estudio del modelado	45
3.2.2.1. Laderas	45
3.2.2.2. Formas fluviales.....	45
3.2.2.3. Formas poligénicas.....	46
3.2.2.4. Formas antrópicas.....	47
3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES	47
3.4. EVOLUCION DINAMICA	48
3.5. MORFOLOGIA ACTUAL Y SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS	49
4. HISTORIA GEOLOGICA.....	49
5. GEOLOGIA ECONOMICA	51
5.1. RECURSOS MINERALES	51
5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos	51
5.1.2. Minerales energéticos	51
5.1.3. Rocas industriales.....	53
5.2. HIDROGEOLOGIA.....	53
5.2.1. Climatología	62
5.2.2. Hidrología.....	62
5.2.3. Características hidrogeológicas.....	63

5.2.3.1. Depósitos aluviales de los ríos Cinca y Segre	63
5.2.3.2. Otros depósitos cuaternarios.....	64
5.2.3.3. Materiales terciarios	64
5.2.4. Hidrogeoquímica.....	65
5.3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES.....	65
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.) .	69
7. GEOFISICA Y SONDEOS	70
8. BIBLIOGRAFIA	71

0. INTRODUCCION

El territorio que comprende la hoja de Mequinenza (415), del mapa topográfico 1:50.000, se halla situado entre los paralelos 41°20'04",3 y 41°30'04",3 y los meridianos 0°08'49",5 y 0°28'49",4. Administrativamente el área ocupada por la hoja comparte su superficie entre las provincias de Huesca, Lleida, Tarragona y Zaragoza.

Los ríos Segre y Cinca confluyen en el centro de la hoja y seis kilómetros más al SO el Segre confluye con el Ebro. De este modo queda la hoja subdividida en cuatro sectores. El sector noroccidental se dispone como la continuación del Llano de las Salinas de Bujaraloz, en Los Monegros, hasta el escarpe que delimita el río Cinca y su continuación en el Segre. Este sector posee unas altitudes de hasta 410 m (Montnegre). El sector NE se presenta como extensión del dominio morfológico de la zona de Fraga, borde suroccidental del Plà de Urgell. El sector SE presenta una topografía semejante a la de los Catalánides, en él destaca el vértice Montmeneu (495 m). El sector suroccidental viene dominado por un relieve tabular sobre los 400 m de altitud (Plà de Fora), que configura la continuación de los dominios ibéricos ampliamente plasmados en las vecinas hojas de Caspe y Fabara.

El clima de estas comarcas es mediterráneo, con tendencia continental, o sea con escasas lluvias de carácter torrencial, temperaturas de invierno y verano bastante extremas, y además un elevado contraste térmico entre las medias más frías y más calurosas. Por otro lado la inversión térmica es frecuente en el período invernal y, por lo tanto, las nieblas son muy frecuentes en las zonas bajas.

La vegetación consiste en matorros, carrasquillas y pino blanco. Actualmente, y aprovechando el amplio desarrollo de regadíos entre los ríos Cinca y Segre aparecen otras especies como los cañizales y el fresno.

La economía de la región es fundamentalmente agrícola. Consiste en el cultivo de cereales, de olivos y almendros en la zona de secano, y de árboles frutales en la zona de regadío. En el sector ganadero, las dos actividades principales son la cría de aves de corral y de ganado porcino y ovino.

Un conjunto de 11 términos municipales comparten la superficie de la hoja de Mequinenza. El más importante es el de Mequinenza con 3.032 habitantes. Del resto de municipios representados, tan sólo los siguientes poseen su núcleo de población en el ámbito de la hoja: Aitona (2.103 hab.), Serós (2.245 hab.), Massalcoreig (793 hab.) la Granja d'Escarp (1.362 hab.) y Torrente de Cinca (1.502 hab.).

La mayor parte de los materiales que configuran el territorio que comprende la hoja, son de edad terciaria (Oligoceno superior-Mioceno inferior) 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 del Ebro. La mayoría de los sedimentos presentes en la hoja tienen un origen lacustre-palustre con intercalaciones de materiales procedentes de áreas distales de sistemas aluviales de tres procedencias distintas. En la mitad septentrional del territorio, los sedimentos aluviales son de procedencia pirenaica; en los sectores este y sureste de la hoja los sedimentos aluviales son de procedencia catalánide, mientras que en el extremo SO de la hoja, en el límite con las hojas de Fabara (443) y Caspe (442), los materiales aluviales muestran una procedencia ibérica.

Los sedimentos de edad cuaternaria son variados aunque no tienen un gran desarrollo superficial. Los materiales más abundantes consisten en las terrazas y los sedimentos de llanura de inundación de los ríos Segre y Cinca. Otros depósitos de edad cuaternaria que se han diferenciado en el territorio son los glaciares, desarrollados básicamente entre Mequinenza y Torrente de Cinca, los sedimentos aluviales de fondo de "vale" o fondos de valle plano, y los depósitos coluviales de menos entidad.

La distribución de facies anteriormente descrita es la que condiciona la geomorfología general de la hoja. El modelado resultante consiste en un relieve con presencia de amplias superficies estructurales bordeadas por escarpes y con presencia de algunos cerros cónicos debidos a la degradación erosiva de estas superficies estructurales. El último rasgo remarcable del paisaje que constituye el territorio son los abarrancamientos que se encajan en los bordes de las superficies estructurales y que desaguan hacia los ríos que cruzan la hoja, Ebro, Segre y Cinca.

La actividad tectónica ha afectado de forma muy tenue a estos materiales. Existe un ligero buzamiento (2° de promedio) generalizado hacia el O y NO que se corresponde con el basculamiento regional observado en las hojas vecinas. Cabe destacar que se han observado dos sistemas de diaclasas-fracturas que, a grandes rasgos, poseen una orientación NNE-SSO y E-O.

El área cartografiada se halla en la franja fronteriza catalano-aragonesa de la Cuenca del Ebro, concretamente en su sector central. Esta cuenca de antepaís está relacionada con la evolución del orógeno pirenaico (PUIGDEFABREGAS *et al.* 1986), actuando, en esta área, como el centro de depósito de los materiales continentales procedentes del desmantelamiento de las cordilleras circundantes: del Pirineo, situado en el norte, de Los Catalánides, situados en el SE y la Cordillera Ibérica al SO. Así pues, existen tres áreas de aporte con sus respectivos sistemas deposicionales aluviales que confluyen en el depocentro lacustre situado en esta hoja.

Entre los trabajos previos relativos a la cartografía geológica de la Cuenca endorreica del Ebro cabe citar a los de RIBA (1955 y 1961) para el sector occidental de la Cuenca (Corredor de la Bureba y subcuencas de Miranda y de Treviño), el de QUIRANTES (1969, publicado en 1978) para el sector central de la Cuenca, los de la J.E.N. (1977a, b) para la mitad septentrional de los sectores central y oriental de la Cuenca, los del IGME (1975, 1985) en las cuencas ligníferas de Calaf y Mequinenza, el de la J.E.N. (1979-81) para el sector sur-oriental. Trabajos posteriores IGME (1981) y ENRESA (1989) representaron, desde la perspectiva que nos ocupa, reelaboraciones de las cartografías geológicas anteriormente citadas, con aplicación de nuevos criterios cartográficos pero sin un trabajo de campo considerable, o bien, en otros casos aportaciones cartográficas importantes de áreas (lacustres) más localizadas (IGME, 1975, 1976, 1985, 1986, 1987; ENADIMSA, 1984). Por el contrario las hojas MAGNA elaboradas con posterioridad a las Hojas piloto, especialmente las de Cataluña (Pons, Cardona, Puigreig, Calaf) constituyen valiosas aportaciones al conocimiento estratigráfico y sedimentológico de sus materiales.

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

Para el estudio geológico de la hoja de Mequinenza, 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, para el estudio de micromamíferos y para la realización de levigados.

1. ESTRATIGRAFIA

Los materiales de edad terciaria que constituyen el territorio que abarca la presente hoja, corresponden a depósitos continentales que colmataron la Depresión Central Catalana (parte oriental de la Cuenca del Ebro) durante el Oligoceno y principios del Mioceno.

Los depósitos que afloran en la hoja consisten en un serie de sedimentos carbonatados, de origen lacustre-palustre, bastante monótona, entre los que se intercalan materiales detríticos de origen aluvial distal. En el cuadrante nor-oriental dominan las facies detríticas de origen aluvial distal, mientras que en el resto del área existe un dominio de los sedimentos carbonatados. De esta distribución del sedimento se desprende que en el ámbito de la hoja existe una evolución de facies, continua y gradual, desde el SE, el NE y el SSO (sistemas deposicionales aluviales de procedencia catalánide, pirenaica e ibérica, respectivamente) hacia el centro de la hoja (Sistema Lacustre de Los Monegros, CABRERA (1983) y ANADÓN *et al.* (1989). Así existe un dominio de sedimentos más proximales hacia los márgenes mencionados, y un dominio de sedimentos más distales hacia el centro de la hoja.

EDAD			UNIDADES GENETICO SEDIMENTARIAS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		DESCRIPCION DE LAS LITOLOGIAS HOJA DE MEQUINENZA	YACIMIENTOS PALEONTOLOG.	
SERIE	PISO	U. MEIN		Quirantes (1969)	Colombo (1980)			
MIOC.	AQUIT.	MN-2a MN-1	U. GALOCHA-ONTIÑENA	Fm. Alcuñe Mb. Bujaraloz			16. Alternancia de areniscas y arcillas rojas. 15. Calizas, margas y arcillas rojas con yeso nodular.	
OLIGOCENO	CHATTIENSE		U. TORRENTE DE CINCA- ALCOLEA DE CINCA				14. Calizas arenosas. Areniscas calcáreas y margas. 13. Arcillas rojas, canales de arenisca, areniscas tabulares y calizas.	
			U. MEQUINENZA-BALLOBAR	Fm. Mequinenza	Fm. Calizas de la Fatarella	Fm. Flix	12. Calizas tableadas. 11. Lutitas vinosas y versicolores con yeso nodular y calizas. 10. Calizas bioturbadas y margas. 9. Calizas arenosas areniscas calcáreas y carbonatadas 8. Arcillas versicolores, cuerpos arenosos y carbonatados aislados. 7. Areniscas en paleocanales.	- Fraga 11 (1) - Fraga 6-7 (1)
			U. FAYON-FRAGA				6. Calizas arenosas, areniscas calcáreas, margas y lignitos 5. Lutitas rojas y pardas, areniscas y calizas palustres. 4. Calizas. 3. Alternancia de areniscas y arcillas con yeso. 2. Paleocanales rellenos de areniscas gypsíferas.	- Fraga 2-4 (1)
			U. ALFES-RIBARROJA				1. Calizas intensamente bioturbadas.	

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

(1) AGUSTI et al. (1988)

En todo el territorio cartografiado, los materiales que lo configuran, según la sucesión estratigráfica, se ordenan de forma rítmica. En base a esta ritmicidad observada en la ordenación del registro sedimentario, se han podido definir y caracterizar cinco unidades sedimentarias. Estas unidades se hallan formadas, en la base, por materiales de origen aluvial distal y en el techo por materiales carbonatados de origen lacustre-palustre.

El límite entre cada ritmo, o unidad, es neto y brusco, mientras que el tránsito de unos sedimentos a los superiores, dentro del propio ciclo, se produce de forma gradual.

El estudio de esta ritmicidad ha permitido distinguir dentro de la hoja, cinco unidades que se han denominado como "unidades genético-sedimentarias" que se extienden a lo largo de decenas de kilómetros en áreas próximas y presentan espesores que oscilan entre varias decenas a más de un centenar de metros. Los límites de estas unidades genético-sedimentarias se han diferenciado en la cartografía con el fin de facilitar la correlación de las mismas a lo largo de un amplio sector de la Cuenca del Ebro.

La correlación de los límites de estas unidades hacia el oeste, ha permitido diferenciarlas en sectores más cercanos al centro de la cuenca, donde sus depósitos equivalentes corresponden 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 se encuentran facies detríticas, nos ha permitido distinguir los ambientes de abanico aluvial distal que corresponden a cada una de estas unidades.

Trabajando bajo este punto de vista, se ha diferenciado en la parte central de la cuenca del Ebro, un total de veinte unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendida entre el Priaboniense y el Aragoniense-Vallesiense. De todas estas tan sólo cinco se hallan presentes en la hoja y tienen una edad comprendida entre el Oligoceno superior (Chattiense) y el Mioceno inferior (Aquitaniense) (ver figura 1). Estas unidades reciben, de base a techo, los nombres de: Unidad Alfés-Ribarroja, Unidad Fayón-Fraga (La Pilar), Unidad Mequinenza-Ballobar, Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca y Unidad Galocha-Ontiñena (Montnegre) (ver figura 2). La columna estratigráfica total del Terciario de esta hoja posee una potencia aproximada de 450 m. En ella dominan las calizas arenosas (55% del total), seguidas por las lutitas versicolores (35%) y por las areniscas que constituyen el 10% restante.

La correlación de estas unidades genético-sedimentarias con las unidades litoestratigráficas definidas por QUIRANTES (1969), 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 que comprenden las hojas de Mequinenza (415) y Fabara (443), 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).

Finalmente, cabe mencionar que los depósitos cuaternarios, dentro de la hoja, son de poca entidad a excepción de las áreas donde se desarrollan las terrazas y los depósitos de los ríos Cinca y Segre. En el resto del territorio únicamente son destacables los depósitos de fondo de valle y de coluviones de diferente extensión areal.

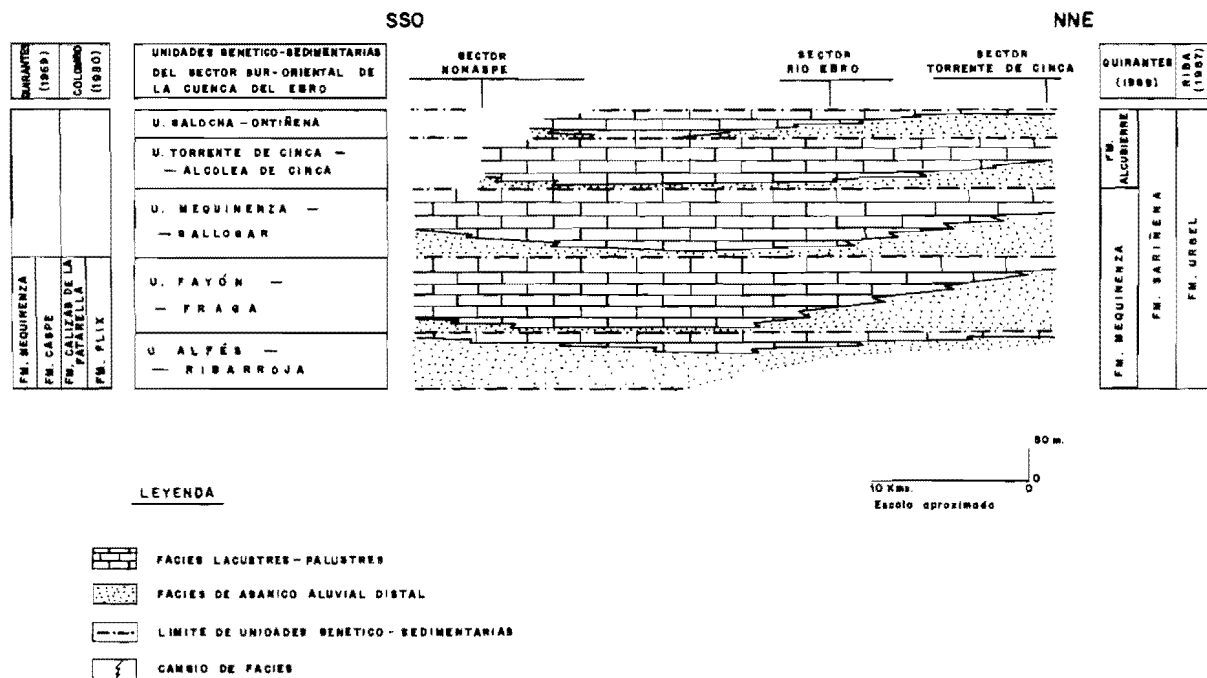


Fig. 2. Modelo secuencial de las unidades genético-sedimentarias del sector de Mequinenza-Fabara

EDAD		BIOZONAS MEIN	UTS. PEREZ et al. (1988)	UNIDADES MAGNA-EBRO	YACIMIENTOS MICROMAMIFEROS ESTUDIADOS EN EL MAGNA EBRO	OTRAS 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	Monegrillo (1) – Tudela 1, 2 (4) – • Paridera del Cura (2) • Mas de Santiagué (2) – • Galocha 1,3 • San Juan – Autol, Santa Cilia (3)		
	ARAGONIENSE	SUP	N2	U. SIERRA DE LANAJA-MONTES DE CASTEJON				
	ARAGONIENSE	MED	N1	U. SIERRA DE PALLA-RUELO-MONTE DE LA SORA				
				U. REMOLINOS-LANAJA				
				U. BUJARALOEZ-SARIÑENA				
	ARAGONIENSE	INF.	N1	U. BUJARALOEZ-SARIÑENA				
	AGENIENSE	MN-2a MN-1	T4	U. GALOCHA-ONTIÑENA				
				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 PEREZ *et al.* (1988).

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

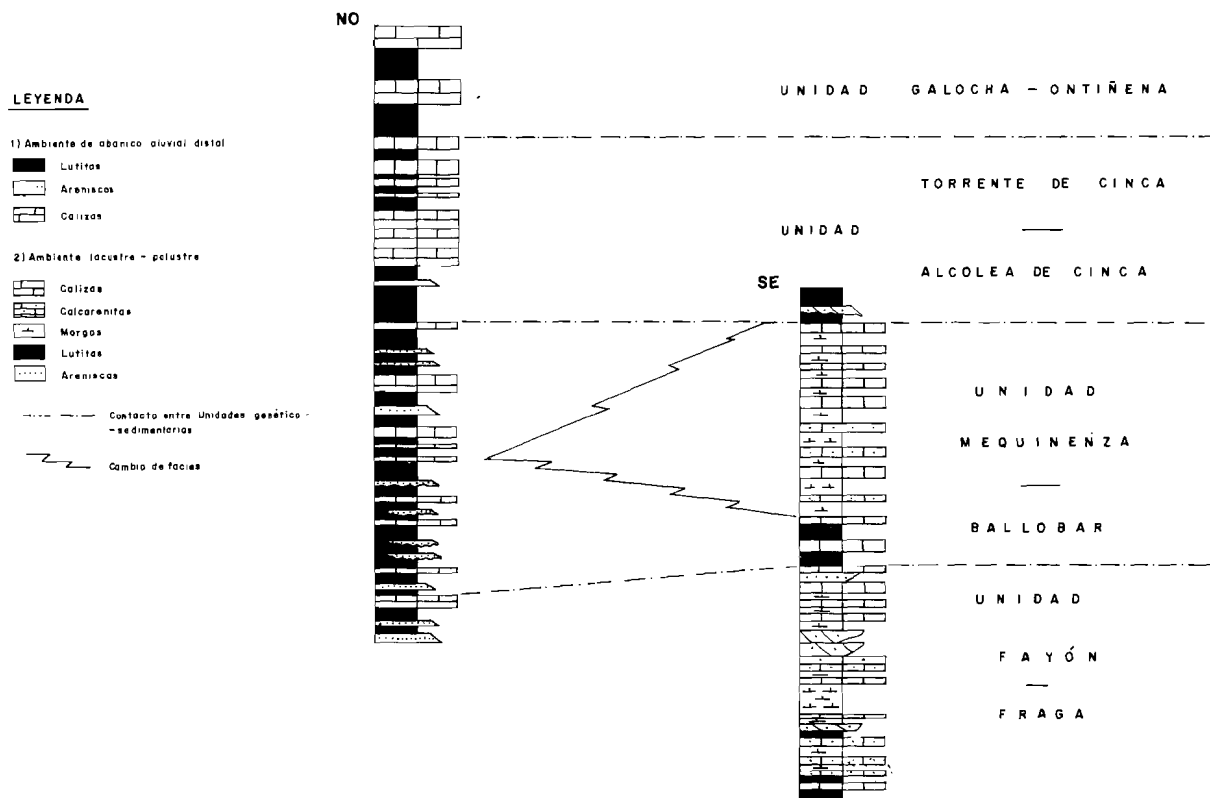


Fig. 4. Columnas sintéticas de las unidades genético-sedimentarias de la hoja de Mequinenza

1.1. Terciario

1.1.1. Unidad Alfés-Ribarroja (Aitona)

Esta unidad tiene una mínima representación en esta hoja, aflorando únicamente en las cercanías de la localidad de Aitona como una caliza palustre muy bioturbada y de fácil correlación con las hojas más orientales de Maials (416).

No se puede precisar la potencia de esta unidad en la hoja (ver figura 4) puesto que tan sólo aflora el nivel de calizas que constituye su techo y que no figura en ninguna de las columnas estudiadas.

La presente unidad se ha caracterizado en las vecinas hojas de Maials (416), en cuya parte septentrional esta unidad está constituida por sedimentos detríticos correspondientes a depósitos de abanico aluvial distal, en la base, y por arcillas edafizadas con un nivel de caliza palustre a techo. En las cercanías de los Catalánides, y en el área meridional de la hoja de Maials, está constituida por sedimentos correspondientes a facies de abanico aluvial proximal. En la hoja de Fabara (443) también se ha distinguido esta unidad que está constituida por sedimentos detríticos correspondientes a abanico aluvial distal, y en buena parte de la hoja se distingue el nivel carbonatado que constituye el techo de la unidad (ver figura 5).

No se tienen datos de interés bioestratigráfico de esta unidad en ninguna de las hojas donde aflora. En la hoja de Cervera (390) hay datos bioestratigráficos de la Unidad Tárrega, que se sitúa estratigráficamente muy por debajo respecto a la unidad Alfés-Ribarroja. Esta unidad pertenecería a la biozona de *Theridomys major* (TRUYOLS y CRUSAFONT, 1961; CRUSAFONT y TRUYOLS, 1964; ANADON *et al.*, 1987; AGUSTI *et al.*, 1987), y se situaría a techo del Oligoceno inferior (Stampiense). En la vecina hoja de Fraga (387), AGUSTI *et al.* (1988) en sedimentos correspondientes a la unidad suprayacente, Unidad de Fayón-Fraga, sitúan parte de las biozonas de *Eomys major* y *Eomys aff. major* definidas para el sector suroccidental de la Cuenca del Ebro, correspondientes al nivel de referencia MP-27 de Boningen, SCHMIDT-KITLER (1987). Estas biozonas indican una edad Chattiense (Oligoceno superior) por lo que puede atribuirse una edad Chattiense para la unidad Alfés-Ribarroja.

Esta unidad forma parte de la Fm. Flix definida por COLOMBO (1980).

En la cartografía geológica tan sólo se ha podido diferenciar una unidad cartográfica (1) que corresponde al nivel carbonatado superior.

1.1.1.1. Calizas intensamente bioturbadas (1). (Chattiense)

Este depósito constituye el techo de la unidad en toda la zona suroccidental de la hoja de Lleida (serie del Embalse del Secà) y aparece en la columna del sector NE (Aitona). Su potencia es de 0.8 m.

Las características más importantes de esta caliza son su carácter tabular, su gran continuidad lateral (se extiende por varias hojas), las trazas de raíces y la dureza extraordinaria que presenta en el campo.

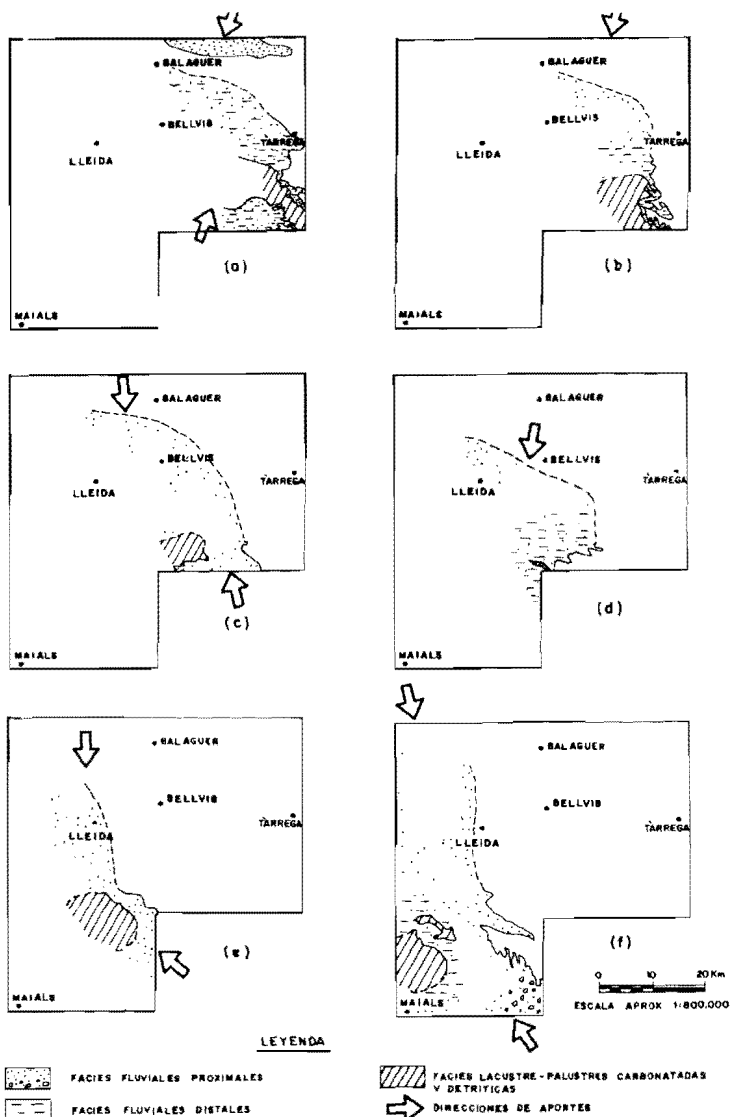


Fig. 5. Esquemas de distribución de facies de las unidades genético-sedimentarias de Vallbona (a), Omells (b), Floresta (c), Arbeka (d), Castellans (e) y Alfés (f)

Al microscopio se clasifica como una biomicrita (*wackestone*) con caráceas y ostrácodos. Muestra una gran recristalización y porosidades “cavernosas” debidas a la acción de las raíces. En otros lugares la caliza presenta microfacies como calizas lacustres gravelosas (*Crumbly-gravelly limestones*). Esta capa de caliza sufrió una diagénesis temprana (recristalización) que es la responsable de la gran dureza del nivel.

En base a las características descritas y al conocimiento regional de esta unidad, puede interpretarse como depósitos de un ambiente lacustre-palustre. Se trataría de una caliza depositada originariamente, en un ambiente lacustre poco profundo que se habría desecado, por lo que la caliza habría sufrido una prolongada exposición subaérea que habría permitido su bioturbación y su temprana diagénesis.

En base a su posición estratigráfica, se considera una edad Chattiense para la unidad.

1.1.2. Unidad Fayón-Fraga (Mina La Pilar)

Esta unidad genético-sedimentaria aflora extensamente en la mitad oriental de la hoja, y se extiende por las vecinas hojas de Fraga (387), Maials (416) y Fabara (443).

La unidad está constituida por cinco litofacies que se pueden agrupar en tres grupos principales. En el área comprendida entre los ríos Cinca y Segre y el margen septentrional de la hoja, esta unidad se halla representada por sedimentos correspondientes a facies de abanico aluvial distal en la base y por sedimentos palustres a techo. Estos materiales evolucionan a sedimentos predominantemente carbonatados de origen lacustre-palustre en la zona centro-meridional del territorio, mientras que en el sector oriental existe un predominio de facies de transición entre ambos dominios. Atendiendo a la distribución de las facies se observa que los sedimentos detríticos de la zona NE son de procedencia pirenaica, mientras que los que se observan en las inmediaciones del embalse de Ribarroja, en el margen meridional de la hoja, son de procedencia catalánide; el resto de la hoja estaría ocupada por sedimentos lacustre-palustres depositados en la zona de confluencia de los dos sistemas deposicionales aluviales descritos con el de procedencia ibérica que aflora en las vecinas hojas de Fabara y Caspe.

El contacto con la unidad inferior tan solo se observa en la inmediaciones de la localidad de Aitona, y se caracteriza por una transición muy rápida entre los sedimentos de origen aluvial distal, que constituyen la base de la unidad Fayón-Fraga, sobre los sedimentos carbonatados, de origen lacustre-palustre, que constituyen el techo de la unidad infrayacente, unidad de Alfés-Ribarroja.

Esta unidad se ha reconocido en la vecina hoja de Fraga (387) donde está constituida básicamente, por sedimentos detríticos procedentes de un sistema aluvial de procedencia pirenaica (Sistema de Huesca, HIRST y NICHOLS, 1986). En la parte oriental de la hoja que linda por el sur, Fabara (443), esta unidad está constituida por sedimentos aluviales distales de procedencia catalánide que evolucionan a una alternancia de sedimentos lacustre-palustres hacia el límite meridional de la hoja de Mequinzenza. En la hoja de Caspe (442) existe un dominio de sedimentos de origen aluvial distal, de procedencia ibérica, que culmina con

unos niveles, básicamente arcillosos, edafizados, depositados en un ambiente de tránsito aluvial distal-palustre. (Ver figura 6).

En cuanto a la posición cronoestratigráfica de la unidad, los yacimientos de vertebrados Fraga-2 y Fraga-4 descritos por AGUSTI *et al.* (1988) en la hoja de Fraga, permiten incluir esta unidad en el Chattiense (Oligoceno superior), comprendiendo al menos parte de las biozonas de *Eomys major* y *Eomys aff. major* definidas para el sector suroccidental de la Cuenca del Ebro, correspondientes al nivel de referencia MP-27 de Boningen, SCHMIDT-KITTLER (1987).

Los sedimentos que constituyen esta unidad forman parte de diferentes unidades litoestratigráficas formales e informales definidas por distintos autores. Los sedimentos detríticos de la zona norte formarían parte de la Fm. Urgell (RIBA, 1967), los del sector meridional formarían parte de la Fm. Flix (COLOMBO, 1980), mientras que los niveles de calizas y margas que constituyen la unidad en buena parte del área cartografiada, corresponderían a la Fm. Mequinenza (QUIRANTES, 1969). Asimismo, los sedimentos carbonatados serían equiparables a las unidades Lutitas de la Cuesta de Fraga y Lutitas y calizas de la Granja d'Escarp (CABRERA, 1983).

En la cartografía se han distinguido un total de cinco asociaciones de facies que constituyen la totalidad de sus materiales.

1.1.2.1. *Paleocanales rellenos de areniscas gipsíferas (2). Alternancia de areniscas y arcillas con yeso (3). (Chattiense)*

Estas dos unidades se describen en conjunto puesto que los cuerpos arenosos que constituyen la unidad (2) se hallan intercalados entre los sedimentos pelítico-areniscosos que forman la unidad (3).

Estos sedimentos afloran fundamentalmente en la superficie triangular limitada por los ríos Cinca y Segre, y en el margen septentrional de la hoja. También se extienden por las hojas vecinas de Maials (416) y Fraga (387).

Estas dos unidades cartográficas se han reconocido detalladamente, en las columnas de San Simón (07, 25 m), Torrente de Cinca (08, 18 m.) y sector NE (Aitona, 98 m), aunque en ninguna de ellas aparece en su totalidad.

De las dos litofacies diferenciadas en la cartografía la más frecuente está constituida por una alternancia de areniscas, arcillas con yeso y muy esporádicas capas de carbonatos (3). La segunda está formada por canales rellenos de areniscas gipsíferas (2). Hacia el sur y el SO estos materiales pasan transicionalmente a sedimentos con mayor porcentaje en calizas y arcillas versicolores, que llegan a recubrir las facies más detríticas. A la altura de la Granja d'Escarp se han transformado en calizas detríticas típicamente lacustres.

Las areniscas son de color pardo, de grano medio a grueso, con biotita y con un contenido en yeso variable. Se presentan en cuerpos de forma lenticular de 1 a 2 m. de potencia máxi-

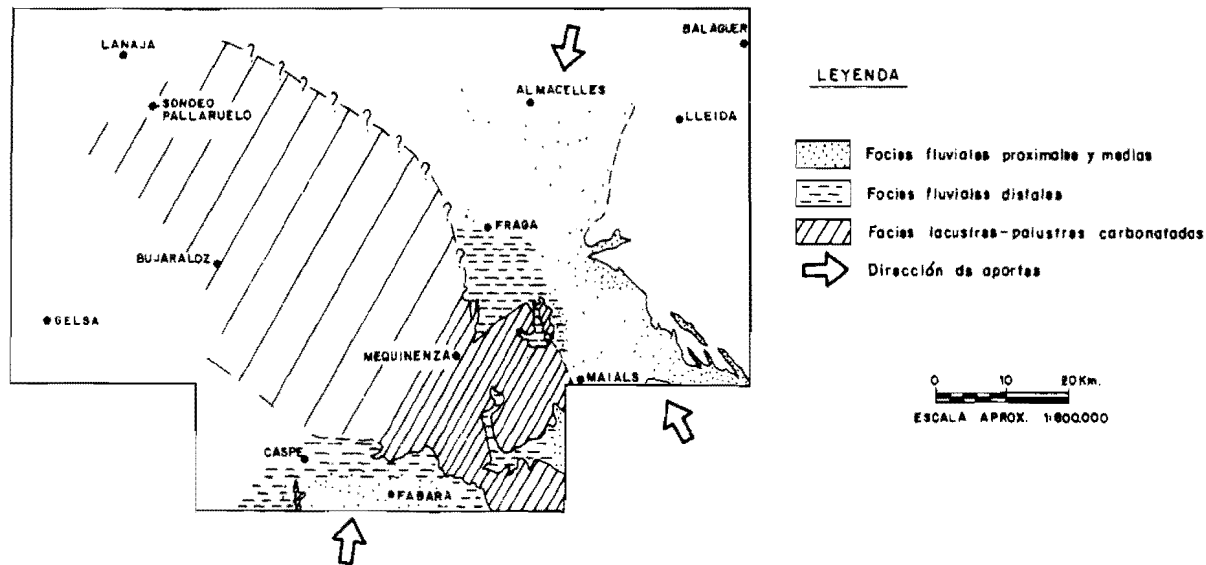


Fig. 6. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Fayón-Fraga

ma (excepcionalmente de 5 m), y de extensión decamétrica. Estos cuerpos areniscosos son más abundantes en el sector NE y van perdiendo entidad hacia el oeste y el sur. Las estructuras sedimentarias más frecuentes en los cuerpos arenosos son las bases erosivas. A escala de afloramiento, se observan acreciones y estratificaciones en surco y geometrías que responden a modelos de *point bar*. A menor escala, presentan laminación de *ripples* ascendentes y laminación convoluta.

Las arcillas y limolitas son fundamentalmente rojizas y, localmente, pueden presentar coloraciones grisáceas o verdosas, mayoritariamente en las zonas de contacto con niveles de carbonatos o sulfatos. Con frecuencia estos niveles arcillosos contienen yesos nodulares y venillas de yeso fibroso, que a veces presentan un aspecto estratiforme. Los niveles arcillosos suelen presentar bioturbación por raíces y localmente nodulizaciones debidas a paleosuelos.

Los niveles carbonatados se disponen en capas de potencia decimétrica. Son calizas bioclásticas oscuras, frecuentemente bioturbadas y a veces con nódulos y cristales de yeso. La mayoría de las capas están constituidas por una acumulación de caráceas, ostrácodos, gasterópodos y fragmentos de huesos.

Al microscopio, las capas de arenisca, pueden clasificarse como litarenitas donde buena parte de los feldespatos se encuentran alterados. Los fragmentos de caliza, a veces, están enriquecidos en hierro.

De las características sedimentológicas observadas puede deducirse que los materiales detríticos corresponden a partes distales de abanicos aluviales progradantes. El sistema deposicional presentaría una llanura aluvial con depósitos de canal, de desbordamiento, desarrollo de procesos edáficos y zonas de encharcamiento procedentes, básicamente, del norte. (Ver figura 10-A y B).

La edad de estos materiales, por correspondencia de la hoja de Fraga, es Chattiense.

1.1.2.2. *Lutitas rojas y pardas, areniscas y calizas palustres (5). Calizas (4). (Chattiense)*

Las lutitas que constituyen la unidad (5) afloran en la parte más oriental de la hoja, en una estrecha franja al este del meridiano 0°25'E, internándose en la vecina hoja de Maials (ya con procedencia catalánide), al sur del río Ebro. Otros afloramientos más puntuales aparecen a las orillas de la llanura aluvial del Cinca, en el alto de Morillobé y al sur de Torrente de Cinca.

A pesar de que en la serie de Torrente de Cinca (08) tan sólo presentan 10 m de potencia, en el sector de la cuesta de la Barca presenta 40 metros.

Esta unidad está formada por arcillas grises y rojas con abundantes intercalaciones de calizas palustres (4) y niveles de areniscas. Con menor frecuencia aparecen, también, algunos niveles de lignito. Estos materiales pasan lateralmente a las calizas arenosas y lignitos de la Granja d'Escarp (parte inferior de la Fm. Calizas de Mequinenza).

Las arcillas son generalmente masivas, con moteado versicolor y abigarradas; aparecen también nódulos de limolita, y niveles negruzcos con bioclastos (gasterópodos, ostrácodos, caráceas, etc) y restos vegetales dispersos.

Las areniscas son de color pardo, de grano fino a medio, con biotita y con un contenido en yeso variable. Se presentan en cuerpos tabulares, de escala centimétrica-decimétrica, y de aspecto masivo.

Los niveles cartografiados como calizas palustres (4) solo pretenden indicar la existencia de niveles de caliza poco potentes que dan grandes superficies estructurales y que se intercalan entre las lutitas rojas y pardas con areniscas (5). Estas capas pueden utilizarse como niveles guía y son de potencia decimétrica. Se trata de calizas micríticas de color gris claro aunque también se encuentran calizas organógenas de color gris oscuro, tienen textura *wackestone* y *packestone* con restos de gasterópodos, caráceas, ostrácodos y restos de vegetales carbonosos.

Entre el contenido micropaleontológico de la unidad se ha reconocido, entre otros fósiles: *Candona* sp., *Eocytheropteron* sp. y *Limnocythere* cf. *pterigoventrata* (DIK y SWAIN).

Estos materiales fueron depositados en las áreas más distales del sistema deposicional aluvial de Huesca (*sensu* HIRST y NICHOLS, 1986) y del Montsant (Catalánides), desarrollándose ambientes pantanosos en las llanuras aluviales distales que conectaban hacia la cuenca con el sistema deposicional lacustre en Mequinenza. (Ver figura 10-B y C).

CABRERA (1983) cita una asociación de restos de vertebrados encontrados en la Fm. Granja d'Escarp, que permite atribuir una edad Chattiense (Oligoceno superior) a estos sedimentos.

1.1.2.3. Calizas arenosas, areniscas calcáreas, margas y lignitos. (6). (Chattiense)

El área de afloramiento de esta unidad se centra en las márgenes del río Segre, desde Serós hasta su desembocadura. A partir de aquí continúa aflorando a lo largo del curso del Ebro, aunque río arriba los afloramientos quedan sumergidos bajo las aguas del embalse de Mequinenza. Los afloramientos de mayor extensión se encuentran en las inmediaciones de la Granja d'Escarp y en torno al Barranco de Aigua Moll.

Estos depósitos han sido reconocidos detalladamente en cuatro columnas estratigráficas, Miña La Pilar (06, 110 m de potencia), Granja d'Escarp (03, 98 m), Sierra de la Huerta (01, 58 m) y Montmeneu (04, 10 m parcial).

Esta asociación de facies está constituida por calizas micríticas, en ocasiones arenosas y limosas, de tonos beige y aspecto masivo. Su potencia oscila de centimétrica a decimétrica, alcanzando un máximo de hasta dos metros de potencia, si bien como término medio son frecuentes los niveles de 15-30 cm. Al microscopio se revelan como *packstones* de oogonios de caráceas y gasterópodos, en ocasiones organizados según la laminación. Son también frecuentes las calizas micríticas con textura *mudstone*. Algunas muestras tienen estructuras de disolución por percolación (*leached grains*).

El cuarzo, feldespato y la dolomita son de origen terrígeno. La geometría de los niveles es variable, desde niveles lenticulares con extensión lateral métrica o decimétrica hasta niveles con estructuras sedimentarias de tipo *hummocky* y *swaley stratification*.

Existe en ocasiones una clara ciclicidad negativa, especialmente cuando el porcentaje de terrígenos es alto, así en el área de la Mina de los Tres Amigos y Mina La Pilar, estos sedimentos se presentan como ciclos grano- y estratocrecientes. Las calizas arenosas están bioturbadas y presentan estructuras de escape de agua (*pillow structures*), *ripples* ascendentes y acreción planar de bajo ángulo y se interpretan como barras de desembocadura. No obstante, las calizas tractivas presentan más comunmente otro tipo de erosiones muy laxas y montículos interpretados como estratificación *hummocky* y *swalley structures* debida a las tormentas.

Desde el punto de vista textural, estos materiales carbonatados presentan características variables, dominando las calizas micríticas con un porcentaje variable de bioclastos (caráceas, ostrácodos y gasterópodos) dando lugar a *wackestones* y *packstones*.

Los paquetes de lignito de Mequinenza se ubican casi exclusivamente en esta litofacies. En los trabajos realizados por ENADIMSA (1975-1976) se diferenciaron 7 paquetes de lignito; estos paquetes se concentran en los niveles superiores de la unidad Fayón-Fraga, y en concreto en los depósitos que constituyen esta unidad cartográfica (6).

El lignito se caracteriza en sección fresca por un color negro brillante, por oxidación adquiere tonalidades pardo-rojizas y castañas. Totalmente alterado se convierte en una masa de yeso y óxidos de hierro, resultantes de la oxidación de los sulfuros que contiene.

Según las características de estas facies anteriormente descritas puede interpretarse que su sedimentación se habría producido en un ambiente lacustre con episodios palustres. Durante los episodios palustres se habrían depositado los niveles de carbón. (Ver figura 10-C y D).

En base a los datos de AGUSTI *et al.* (1988) de la vecina hoja de Fraga se atribuye una edad Chattiense a los sedimentos que constituyen esta unidad cartográfica.

1.1.3. Unidad Mequinenza-Ballobar

Esta unidad aflora en la hoja como una franja continua a media ladera de la orilla oeste del río Cinca, continuando por el margen meridional del río Segre; y aguas arriba en el río Ebro, va penetrando continuamente en el embalse de Mequinenza hasta que su techo se halla, tan sólo, algunos metros por encima del nivel del agua en el límite occidental de la hoja. En sector SE aparece un gran afloramiento centrado en el vértice Montmeneu y que se extiende al este de la hoja hacia el Llano de Maials. La potencia total de esta unidad supera los 120 m.

Esta unidad se dispone sobre la Unidad de Fraga de forma concordante, el límite entre ambas está marcado por la disposición brusca de los sedimentos aluviales distales de la base de ésta unidad sobre los sedimentos de origen lacustre que constituyen el techo de la uni-

dad infrayacente. Esta disposición implica que ha existido, en la base de la unidad, una reactivación de los sistemas aluviales.

Esta unidad en el área de Fraga está constituida por sedimentos detríticos de procedencia pirenaica que hacia techo evolucionan a sedimentos de origen lacustre-palustre (Fig. 7). En el sector de Fabara, está formada por una alternancia de areniscas fluvio-lacustres, de procedencia catalánide, y de calizas de origen lacustre-palustre. Finalmente en los sectores de Caspe, Bujaraloz y Gelsa, está representada por sedimentos detríticos de origen aluvial, procedentes de la Cordillera Ibérica, entre los que se intercalan materiales carbonáticos de origen lacustre-palustre; que son más frecuentes en el techo de la unidad

La posición bioestratigráfica de estos materiales, se conoce con bastante precisión en el área de Fraga, gracias a los yacimientos de micromamíferos (Fraga-6 y Fraga-7) estudiados por AGUSTI *et al.* (1988). Estos estudios permiten incluir esta unidad dentro del Oligoceno superior, biozona de *Rhodanomys transiens*, probablemente ocupando la parte superior de la biozona de *Eomys aff. major*

Los sedimentos más proximales que constituyen esta unidad en el territorio corresponden a parte de la Fm. Flix (COLOMBO, 1980) y a la Fm. Urgell (RIBA, 1967). Los materiales más distales que constituyen esta unidad son equivalentes a parte de la unidad Lutitas y Calizas de la Granja d'Escarp (CABRERA, 1983), de la Fm. Fatarella (COLOMBO, 1980) y de la Fm. Mequinenza (QUIRANTES, 1969).

Esta unidad es semejante a la de Fayón-Fraga con algunas diferencias. El contenido arcilloso de la Unidad Mequinenza es mayor que el de la de Fayón-Fraga, aunque los complejos lacustres presentan menos porcentajes de arenisca.

Dentro de esta unidad se han diferenciado seis litofacies distintas:

1.1.3.1. *Areniscas en paleocanales (7). Arcillas versicolores, cuerpos arenosos y carbonatados aislados (8). Calizas tableadas (12). (Chattiense)*

Estas asociaciones de facies afloran fundamentalmente en el cuadrante SE y en la parte intermedia de la ladera en la vertiente occidental del Río Cinca y su continuación como Segre acunándose antes de llegar a Mequinenza.

Los sedimentos de esta unidad se han reconocido detalladamente en las columnas de San Simón (07, 60 m), Torrente de Cinca (08, 95 m), Montmeneu (04, 75 m), carretera Mequinenza-Caspe (05, 83), Sierra de la Huerta (01, 8 m), Granja d'Escarp (03, 6 m) y La Pilar (06, 27 m).

Dentro de los depósitos aluviales de la Unidad de Mequinenza-Ballobar se han diferenciado en la cartografía tres litofacies. La más frecuente está constituida por una alternancia de arcillas versicolores, cuerpos arenosos y capas de caliza aisladas (8). La segunda litofacies está formada por paleocanales rellenos de areniscas gipsíferas (7) y la tercera por calizas palustres

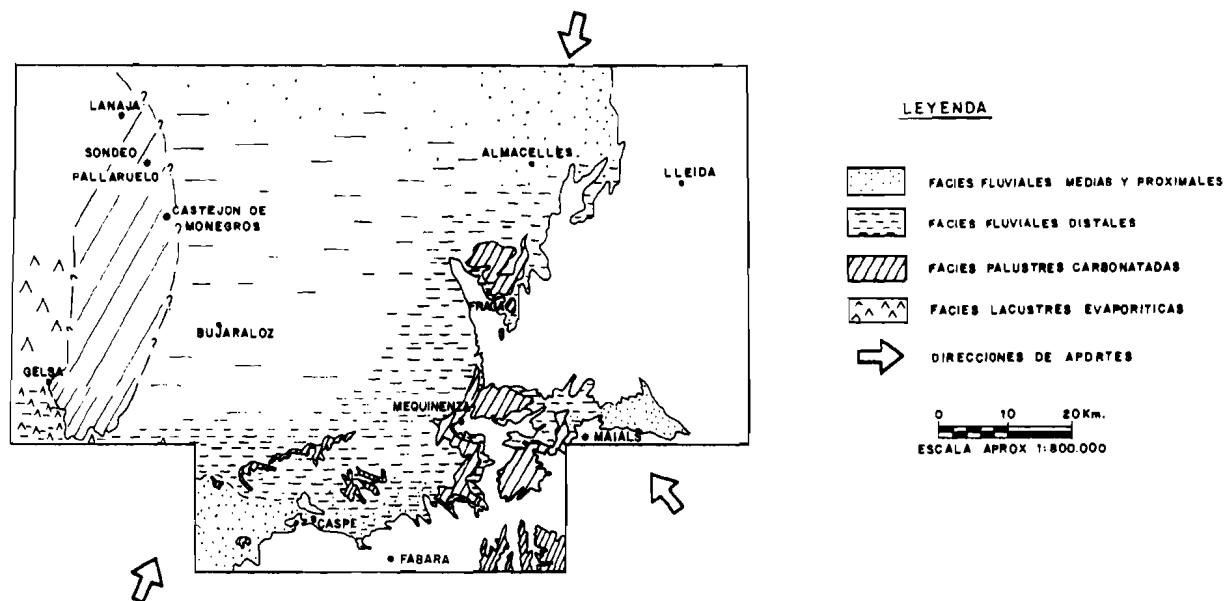


Fig. 7. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Mequinenza-Ballobar

tableadas (12). Hacia el centro y hacia la parte occidental de la hoja estos materiales van pasando a sedimentos con mayor porcentaje en calizas lacustres (Parte superior de la Fm. Calizas de Mequinenza).

Las capas de arenisca son de coloraciones pardas, su tamaño de grano es medio-grueso, y tienen partículas detríticas de biotita y yeso. Las areniscas del área meridional, de influencia catalánide, presentan fragmentos de caliza y tienen un tamaño de grano mayor (grano entre grueso y microconglomerático en el extremo occidental de la hoja). Se presentan en cuerpos de forma lenticular de 1 a 2 m. de potencia (excepcionalmente pueden alcanzar los 5 m), y de extensión decamétrica. Estos cuerpos areniscosos son más abundantes en el sector NE y van perdiendo entidad hacia el oeste y el sur. Las estructuras sedimentarias más frecuentes en los cuerpos arenosos son las bases erosivas. A escala de afloramiento, se observan acreciones y estratificaciones en surco y geometrías que responden a modelos de *point bar*. A menor escala, presentan laminación de *ripples* ascendentes y laminación convoluta.

Las arcillas y limolitas son fundamentalmente rojizas y, localmente, pueden presentar coloraciones grisáceas o verdosas, mayoritariamente en las zonas de contacto con niveles de carbonatos o sulfatos. Estos niveles arcillosos pueden contener yesos nodulares y venillas de yeso fibroso, que a veces presentan un aspecto estratiforme. Los niveles arcillosos suelen presentar bioturbación por raíces y localmente nódulos de caliche debidos a los fenómenos edáficos.

Los niveles carbonatados están constituidos por capas de espesor centimétrico a decimétrico. Son calizas bioclásticas oscuras, frecuentemente bioturbadas y a veces con nódulos y cristales de yeso. La mayoría de las capas contienen una acumulación de caráceas, ostrácodos, gasterópodos y fragmentos de huesos.

Al microscopio, las areniscas pueden clasificarse como litarenitas donde buena parte de los feldespatos se encuentran alterados. Los fragmentos de caliza, a veces, están enriquecidos en hierro.

De las características sedimentológicas observadas puede deducirse que los materiales detríticos se depositaron en áreas distales de abanicos aluviales progradantes. El sistema deposicional presentaría una llanura aluvial con depósitos de canal (7 y 8), de desbordamiento (8), desarrollo de procesos edáficos y zonas de encharcamiento (12). (Figura 10-A, B y C).

La edad de estos materiales, por correspondencia con la hoja de Fraga, es Chattiense.

1.1.3.2. Calizas arenosas, areniscas calcáreas y margas (9). (Chattiense)

El área de afloramiento principal de esta asociación de facies se sitúa en una gran extensión en torno al pico Montmeneu y se continúa por las vertientes de los ríos Cinca y Segre, a partir de su confluencia, y por las del Ebro. Hacia el oeste no llega a rebasar la zona de la presa del embalse de Mequinenza, bajo cuyas aguas se sumerge. Estas calizas no llegan a aflorar en la vecina hoja de Maials (al este), aunque sí lo hacen en la hoja de Fabara situada al sur.

Los materiales que constituyen esta unidad cartográfica se han reconocido en las series estratigráficas de la Granja d'Escarp (03, 42 m), Sierra de la Huerta (01, 57 m) y Montmeneu (04, 13 m).

Esta unidad cartográfica está constituida por calizas micríticas, en ocasiones arenosas y limosas, de tonos beige y aspecto masivo. El espesor de las capas varía entre centimétrico y decimétrico (15-30 cm. de término medio), alcanzando un máximo de hasta dos metros de potencia. La geometría de los niveles es variable, existiendo niveles lenticulares con extensión lateral métrica o decimétrica, y niveles tabulares con estructuras sedimentarias del tipo *hummocky* y *swaley stratification*.

Existe, en ocasiones, una clara ciclicidad positiva, especialmente cuando el porcentaje de terrígenos es alto. Entre los niveles margosos suele aparecer yeso secundario en forma de vetas que llegan a ser muy importantes.

Las microfacies de las capas de caliza muestran una textura *packstone* y *wackestone* con ostrácodos, caráceas (tallos y oogonios) y gasterópodos. También presentan la típica microfacies lacustre de fango micrítico formando grumos (*crumbly limestone*), y recristalizada por procesos de percolación (*leached grains*). Se encuentran, además, cantidades variables de cuarzo, feldespato y dolomita de origen terrígeno.

Estos sedimentos se interpretan como depósitos de un ambiente deposicional lacustre en los momentos en que este ambiente muestra su máximo desarrollo.

La edad de estos sedimentos es Chattiense en base a los datos paleontológicos de la vecina hoja de Fraga (387).

1.1.3.3. Calizas bioturbadas y margas (10). (Chattiense)

Esta asociación de facies es muy común en la parte superior de las unidades genético-sedimentarias en los sectores centrales de la cuenca. Estas calizas bioturbadas afloran estratigráficamente por encima de las calizas con estratificación *hummocky* (9), y de este modo aparecen en la parte media-alta de la ladera que se extiende por la vertiente occidental del río Cinca-Segre continuando hacia el oeste hasta casi desaparecer en el embalse de Mequinenza en el límite con la hoja de Bujaraloz (414).

Otro afloramiento se encuentra en la base del pico de Montmeneu sobre los 400 m de cota y evoluciona hacia el oeste formando unas superficies estructurales muy claras hasta el río Segre. Estas superficies continúan al otro lado del Ebro (hacia el SO), en las inmediaciones de la carretera que une Mequinenza y Fayón, donde muestran un buzamiento de 1° hacia el ONO y van sumergiéndose paulatinamente en el embalse de Mequinenza aunque sin llegar a desaparecer.

Estos sedimentos se han reconocido en las series estratigráficas de Montmeneu (04, 46 m), Carretera Mequinenza-Caspe (05, 38 m), Sierra de la Huerta (01, 37 m), Granja d'Escarp (03, 44 m) y Sierra de Ricís (02, 53 m).

Estos materiales están constituidos por margas, calizas y arcillas versicolores intensamente bioturbadas por raíces. Presentan formas de estratificación lenticulares y de ángulos muy laxos enmascaradas por la intensa bioturbación. En ocasiones muestran estratificación *hummocky*. Estos sedimentos muestran una tosca tendencia a organizarse en ciclos de facies compuestos en la base por arcillas o margas y hacia techo por niveles carbonatados normalmente edafizados, que se interpretan como ciclos de facies de somerización.

Al microscopio estas calizas se presentan como fangos grumosos (*crumbly limestones* de FREYTET y PLAZIAT, 1982) con diferentes rangos de porosidad. Existen muestras con presencia de dos o más generaciones de fango (uno con más presencia de materia orgánica que otro). Finalmente existe otra microfacies menos abundante que se clasifica como *wackstone* con ostrácodos.

El contenido micropaleontológico de esta unidad es variado, y corresponde a una típica asociación del Oligoceno superior. Además de gasterópodos fragmentados y del ostrácodo *Eocytheroptero* sp. se han distinguido las siguientes especies de caráceas: *Rhabdochara* cf. *paelangeri* CASTEL, *Stephanochara* CASTEL y *Chara microcera* GRAMB. y PAUL en paso a *Chara notata* GRAMB. y PAUL.

Estos materiales muestran una asociación de facies correspondiente a un ambiente predominantemente palustre que hacia el norte se interdigita con los sedimentos de la unidad cartográfica (11), correspondientes a depósitos de partes muy distales de abanicos aluviales de procedencia pirenaica (ver figura 10-B y C).

1.1.3.4. *Lutitas vinosas y versicolores con yeso nodular y calizas (11). (Chattiense)*

Esta asociación de facies constituye la parte superior de la unidad de Mequinenza-Ballobar en el sector septentrional de la hoja y presenta unas relaciones de cambio lateral de facies con los materiales de la unidad (10) descrita en el apartado anterior. En la vecina hoja de Fraga (387) esta unidad incluye frecuentes niveles de areniscas.

Estos depósitos se han reconocido detalladamente en las columnas estratigráficas de San Simón (07, 63 m) y Torrente de Cinca (08, 45 m).

Esta unidad cartográfica está constituida mayoritariamente por arcillas de tonalidades rojas y verdosas. Estas arcillas incluyen abundante yeso que se presenta como nódulos aislados o bien como venas de yeso fibroso que pueden llegar a constituir niveles estratiformes de hasta 20 cm. En varios puntos de la hoja se encuentran niveles carbonatados que están reemplazados, en parte, por yeso (ver columna de San Simón).

Los bancos de caliza son más abundantes hacia el sur y forman superficies estructurales que destacan notablemente en el paisaje en el sector de Torrente de Cinca. Estos niveles no suelen superar los 100-150 cm. de potencia.

Las capas de caliza tienen una microfacies que puede interpretarse como calizas grumosas (*crumbly limestones*) con reemplazamientos de la porosidad por caliza férrica.

Esta asociación de facies puede interpretarse como depósitos de áreas distales de sistemas aluviales de procedencia pirenaica (Sistema de Huesca de HIRST y NICHOLS, 1986). (Ver figura 10-B).

Por su posición estratigráfica se atribuye a estos materiales una edad Chattiense.

1.1.4. Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca

Esta unidad aflora únicamente, en la mitad occidental de la hoja, y en los 50 m superiores del pico Montmeneu.

Esta unidad está constituida por dos litofacies bien diferenciadas: una litofacies basal compuesta por sedimentos detríticos (arcillas rojas, canales de arenisca, capas tabulares de arenisca y esporádicas capas de caliza, 13), y otra superior mayoritariamente carbonatada (calizas arenosas, areniscas calcáreas y margas, 14).

Los aportes detríticos proceden de la Cordillera Ibérica, los Catalánides y el Pirineo. El contacto con la unidad inferior representa una reactivación de los sistemas aluviales. La distribución regional de facies de esta unidad puede observarse en la fig. 8.

Esta unidad corresponde parcialmente con lo que CABRERA y COLOMBO (1986) denominan como la unidad lacustre superior del Sistema Depositional de los Monegros, también con la Unidad Lutitas de la Cuesta de Fraga-Unidad de Calizas de Torrente de Cinca (CABRERA, 1983). Esta unidad corresponde a parte de la Fm. Mequinenza de QUIRANTES (1969) y posiblemente su parte superior al Mb. Calizas de Cardiel del mismo autor.

Los materiales que constituyen esta unidad se han medido en varias de las columnas realizadas. 02 Sierra de Rícs con 145 m de potencia total, 04 Montmeneu (50 m.), 05 Carretera Mequinenza-Caspe (138 m total), 07 San Simón (80 m basales) y 08 Torrente de Cinca (70 m basales).

Desde el punto de vista cronoestratigráfico, la parte inferior de la unidad es de edad oligocena (Chattiense), según se desprende de los datos bioestratigráficos que aportan AGUSTI *et al.* (1988), con el estudio de vertebrados (yacimientos Fraga 11, situado inmediatamente por debajo del tramo carbonatado, y el yacimiento Ballobar 12). La parte superior de la unidad corresponde al Mioceno, según datos de los mismos autores, ya que el yacimiento TC-68, situado en la serie de Torrente de Cinca a la altura de la parte superior del tramo carbonatado de la unidad, es de edad miocena (zona 1 de MEIN). También se han identificado restos de micromamíferos en esta unidad en el yacimiento de Ontiñena (hoja de Sariñena 357) por CUENCA *et al.* (1991). Es por tanto, dentro de esta unidad donde se encuentra el límite del Oligoceno superior, o Chattiense, con el Mioceno inferior, o Aquitaniense.

Esta unidad tan sólo está constituida por dos asociaciones de facies, unidades 13 y 14.

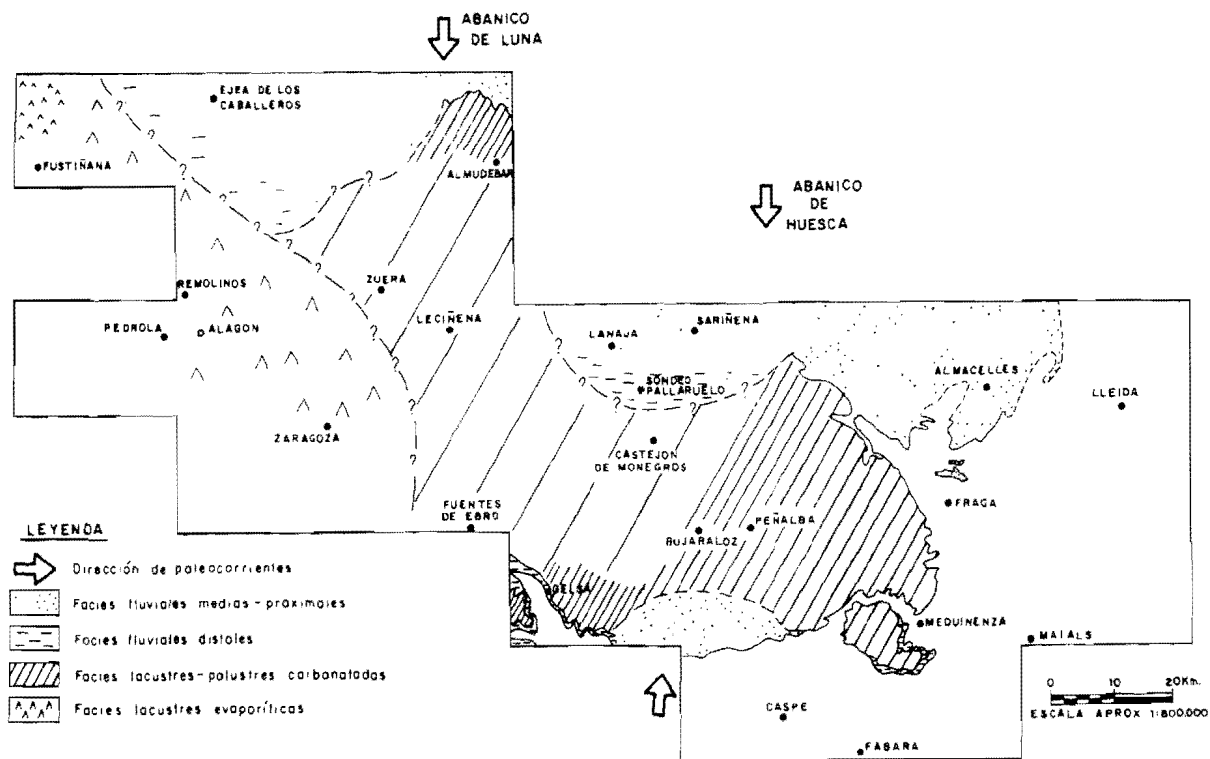


Fig. 8. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca

1.1.4.1. Arcillas rojas, canales de arenisca, areniscas tabulares y calizas (13). (Chattiense-Ageniense)

Esta asociación de facies aflora en la parte más alta del vértice Montmeneu y en la mitad occidental de la hoja. En los sectores meridional y septentrional del área estudiada es donde estos materiales se hallan mejor representados, mientras que hacia el oeste disminuye su potencia, y su contenido en areniscas a favor de la unidad cartográfica suprayacente.

Estos depósitos se han reconocido en las series estratigráficas de Torrente de Cinca (08, 48 m), Carretera Mequinenza-Caspe (05, 80 y 20 m), Montmeneu (04, 42 m), San Simón (07, 35 m) y Sierra de Ricis (02, 33 m).

Los cuerpos de arenisca suelen tener una base canaliforme y unos espesores que oscilan entre los 2 y 4,5 m. El tamaño de grano suele oscilar entre fino y medio, aunque en ocasiones puede ser grueso. Estos bancos de arenisca muestran estratificación cruzada en surco, y acreciones laterales de orden decamétrico, que permiten interpretarlos como depósitos de barras de meandro (*point bars*).

Aunque con menor abundancia se encuentra otro tipo de capas de arenisca que se caracterizan por tener un tamaño de grano más fino y estar, frecuentemente, muy bioturbadas. Tienen una granoselección decreciente, superficies de reactivación con limolita y cantos blandos, laminación de *climbing ripples* y laminación convoluta. Estas facies se interpretan como depósitos de la llanura de inundación (*overbank deposits*).

Las arcillas y limolitas son fundamentalmente rojizas y localmente pueden presentar coloraciones grisáceas o verdosas. Presentan niveles de bioturbación por raíces, moteado versicolor y nodulizaciones.

Los niveles carbonatados se disponen en capas de potencia decimétrica y se hallan frecuentemente bioturbados. Estas capas son de color oscuro y tienen abundantes bioclastos. Al microscopio estas calizas se pueden clasificar como *packstones* a *wackestones* con restos de ostrácodos, gasterópodos y caráceas, que posteriormente han sido bioturbados por raíces. Se observa, además, que ha existido una segunda generación de carbonato de carácter más férrico.

Al microscopio las areniscas pueden clasificarse como gipsarenitas, de cemento calcáreo o yesífero con reemplazamientos de carbonato. Estas areniscas presentan también restos de calizas lacustres como granos detríticos.

En esta unidad cartográfica se ha encontrado una asociación micropaleontológica que se incluye en el Oligoceno superior. Se ha distinguido la siguiente asociación de caráceas: *Rhabdochara* cf. *praelangeri* CASTEL, *Hornichara lagenalis* (STRAUB) HUANG y XU y *Nitellopsis* (*Tectochara*) *meriani* (L. y N. GRAMB.) ssp. *huangi* WANG.

De las características sedimentológicas observadas se deduce que los materiales detríticos corresponden a depósitos de partes distales de abanicos aluviales progradantes. El sistema deposicional representaría una llanura aluvial con depósitos de canal, de desbordamiento, desarrollo de procesos edáficos y zonas de encharcamiento (ver figura 10-A y B).

La edad de la mayor parte de estos materiales es Chattiense en base a los datos de AGUSTÍ *et al.* (1988) y CUENCA *et al.* (1991), sin embargo existe la posibilidad que la parte superior de esta unidad tenga una edad Aquitaniense.

1.1.4.2. Calizas arenosas. Areniscas calcáreas y margas (14). (Chattiense-Aquitaniense)

Los materiales que constituyen esta unidad afloran en las partes superiores de los escarpes que bordean los cursos fluviales en la mitad occidental de la hoja.

Esta asociación de facies se ha reconocido detalladamente en las series estratigráficas de Sierra de Ricís (02, 47 m), San Simón (07, 43 m), Torrente de Cinca (08, 40 m) y Carretera de Mequinenza a Caspe 05, 70 m).

La unidad cartográfica está constituida por una alternancia de calizas micríticas, calizas arenosas, margas y arcillas rojizas. Las calizas, ocasionalmente son arenosas y limosas, de tonos beige y de aspecto masivo, tienen un espesor de orden centimétrico a decimétrico y, se organizan en bancos que alcanzan los 8 m. Algunos niveles, muestran estratificación cruzada de tipo *hummocky* y *swaley*.

Esta unidad muestra una ligera variación vertical de facies: en su parte basal, hay un mayor número de intercalaciones de arcillas rojizas que disminuyen progresivamente hacia el techo, a la vez que aumentan las intercalaciones de margas grises entre los niveles carbonatados.

Petrográficamente, las calizas pueden clasificarse como *packstones* y *wackestones* con ostrácodos, caráceas (tallos y oogonios) y gasterópodos. También presentan la típica microfacies lacustre de fango micrítico formando grumos (*crumby limestone*), y recristalizada por procesos de percolación (*leached grains*). Estas calizas presentan, también, cantidades variables de cuarzo, feldespato y dolomita de origen terrígeno.

Las margas son de coloraciones grises y pueden incluir vetas de yeso secundario que, en ocasiones, pueden llegar a ser muy importantes.

En el techo de esta unidad los microfósiles son escasos y se hallan mal conservados; se han podido reconocer ostrácodos: *Elkocythereis* sp. (Ostrácodo sp.I RAMIREZ), conocido en el tránsito Oligoceno-Mioceno en la cuenca del Ebro, y caráceas del género *Sphaerochara*. Esta unidad se hallaría situada en el tránsito Chattiense-Aquitaniense.

Según las características sedimentológicas descritas, se puede concluir que estos sedimentos se depositaron en un ambiente lacustre-palustre (figura 10-C).

La parte más alta de esta unidad ha sido datada en la hoja de Sariñena (yacimiento de micro-mamíferos de Ontiñena), por CUENCA *et al.* 1991) como Aquitaniense (Biozona 1 de Mein). Además, la parte inferior de esta unidad, ha podido datarse en la hoja de Fraga como Oligoceno superior (Chattiense) (última biozona de micromamíferos del Oligoceno, o biozona de *Rhodanomys transiens*) según datos de AGUSTÍ *et al.* (1988).

1.1.5. Unidad Galocha-Ontiñena (Montnegre)

Los sedimentos de la Unidad Galocha-Ontiñena son los depósitos terciarios más modernos de la hoja. Estos materiales afloran en las partes más altas topográficamente, del cuadrante SO, y constituyen los llanos que se extienden por todo el cuadrante NE de la hoja. Esta unidad también se halla bien representada en las hojas vecinas de Fraga, Bujaraloz y Peñalba.

En el ámbito de la hoja, la unidad está constituida por una alternancia de dos asociaciones de facies, una predominantemente detrítica y otra mayoritariamente carbonatada. Entre ambas se produce un cambio lateral de facies, observable a escala regional, con un enriquecimiento de los niveles carbonatados hacia el sur y el oeste.

El contacto con la unidad infrayacente, descrita en el apartado anterior, es un cambio brusco de facies entre las facies aluviales que forman la base de esta unidad y los carbonatos de origen lacustre-palustre, que constituyen la parte superior de la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca. Este hecho refleja una reactivación de los sistemas aluviales.

En la parte central de la Cuenca del Ebro (ver figura 9), la Unidad Galocha-Ontiñena se ha caracterizado en las hojas de Sariñena (357) y Lanaja (356), donde presenta facies aluviales procedentes del Pirineo que forman parte del Sistema de Huesca (*sensu* HIRST y NICHOLS, 1986). En el sector meridional de la hoja de Sariñena, las facies aluviales están solapadas por facies carbonáticas de origen lacustre-palustre, que constituyen el techo de la unidad. Hacia el área comprendida en las hojas de Peñalba (386), Fraga (387) y en 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. Estos materiales, hacia el territorio ubicado en la zona central de la hoja de Bujaraloz, la parte septentrional de la hoja de Gelsa y el sector meridional de la hoja de Castejón de Monegros (385), pasan progresivamente a facies evaporíticas .

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. EL yacimiento Ballobar-21, situado en esta unidad en la hoja de Fraga, ha sido estudiado por AGUSTÍ *et al.* (1988), que lo situó en la zona 1 de MEIN, biozona de *Rhodanomys schlosseri*. En la parte superior de la infrayacente Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, en la hoja de Sariñena, CUENCA *et al.* (1991) han estudiado el yacimiento de Ontiñena, donde han identificado restos de micromamíferos correspondientes a la biozona 1 de MEIN (Aquitaniense). 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 la especie *Ritteneria manca*, que caracteriza la biozona 2b de MEIN (1975) correspondiente a la parte superior del Aquitaniense. En base a estos datos se atribuye una edad Aquitaniense para la Unidad Galocha-Ontiñena.

En la hoja de Mequinenza, esta unidad es equivalente a parte de la Formación Alcubierre (Mb. Bujaraloz) definida por QUIRANTES (1969). También se integra dentro de la Unidad de Lutitas y Calizas del Llano de Cardiel, definida por CABRERA (1983).

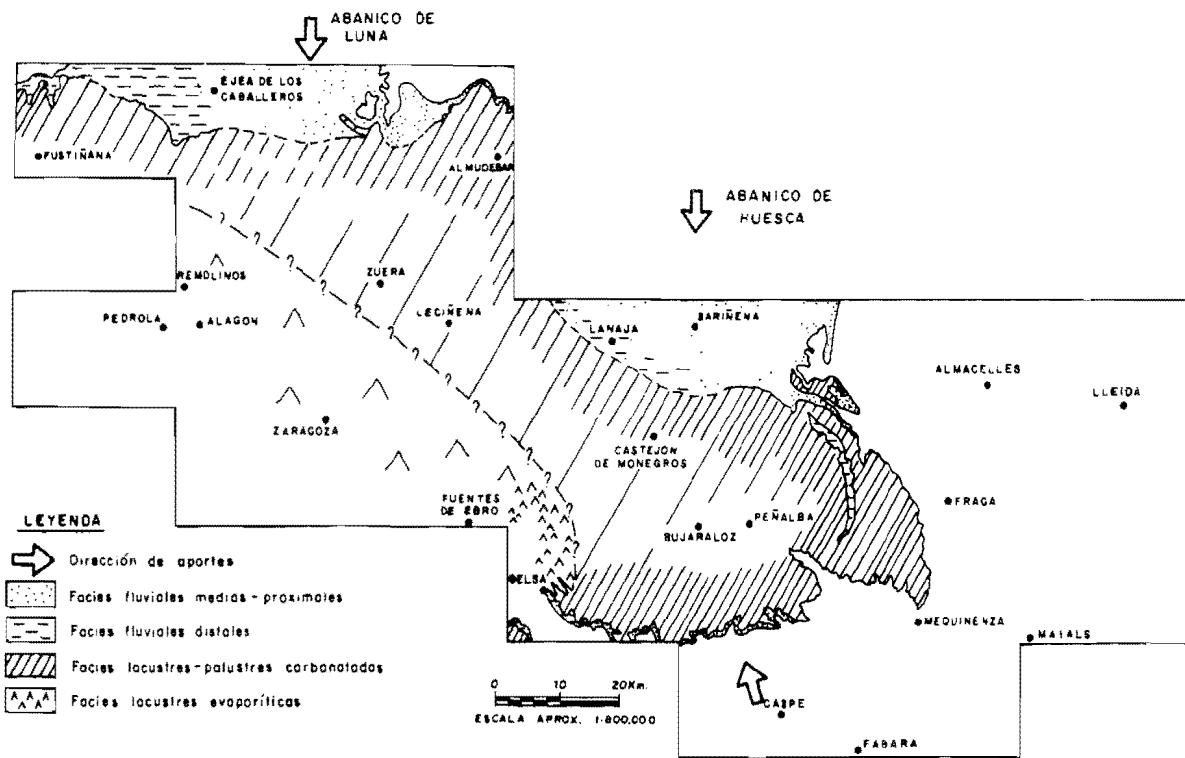


Fig. 9. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Galocha-Ontiñena

En la cartografía se han diferenciado las siguientes litofacies: calizas, margas y arcillas rojas con yeso nodular (15) y alternancia de areniscas y arcillas rojas (16).

1.1.5.1. *Calizas, margas y arcillas rojas con yeso nodular (15). (Aquitaniense)*

Esta asociación de facies aflora en las cotas más altas de la mitad occidental de la hoja. Se ha reconocido detalladamente en las columnas de Sierra de Ricis (02) y Carretera de Mequinenza a Caspe (05) donde se han medido 15 m.

Esta unidad está constituida por niveles calcáreos de espesor variable, que corresponden a calizas micríticas con materia orgánica. Entre los niveles carbonatados se intercalan arcillas rojas, ocasionalmente versicolores que, a menudo, presentan señales de edafización y de bioturbación. Entre ellas se intercalan, también, niveles de yeso nodular y micronodular, de espesor variable. Todo este conjunto de materiales se organiza en ciclos de facies constituidos en la base por las arcillas rojizas con nódulos de yeso y, en el techo, por carbonatos. Estos últimos, ocasionalmente presentan estructuras tractivas, tales como superficies de reactivación, estratificación de tipo *hummocky* y *ripples* de oscilación.

De acuerdo con sus características sedimentológicas estas facies pueden interpretarse como depósitos de un ambiente lacustre-palustre, con pequeñas indentaciones correspondientes a sedimentos de abanico aluvial muy distal (ver figura 10-B y C).

Por las consideraciones realizadas en el apartado anterior, puede considerarse una edad Aquitaniense para esta unidad.

1.1.5.2. *Alternancia de areniscas y arcillas rojas (16). (Aquitaniense)*

Esta asociación de facies aflora en los mismos sectores que la unidad descrita anteriormente (15) aunque sus afloramientos ocupan menor extensión.

La litología de esta unidad presenta una ligera variación espacial. El nivel más bajo correspondiente a esta unidad tiene un mayor porcentaje de arenisca intercalada entre las facies pelíticas mientras que el nivel más alto, situado en el extremo noroeste del territorio, tiene una litología predominantemente arcillosa.

En general esta unidad está constituida por arcillas rojas, ocasionalmente versicolores que a menudo presentan señales de edafización y bioturbación. Entre estas facies pelíticas se intercalan capas de areniscas que pueden alcanzar una potencia de 100-150 cm. Tienen base erosiva, superficies de acreción lateral y otras estructuras internas como laminación cruzada en surco y, hacia la parte superior, *ripples*; más raramente se encuentran capas de arenisca planoparalelas de aspecto masivo.

Con menor frecuencia, entre las arcillas se intercalan niveles de yeso nodular y micronodular de espesor centimétrico. También se intercalan escasos niveles calcáreos de espesor centimétrico, que corresponden a calizas micríticas con materia orgánica.

Las calizas corresponden a *wackestones-packestones* con gasterópodos y ostrácodos. Presentan porosidad primaria, laminaciones, estructuras geopetales y porosidad móldica y fenestral, ocasionalmente rellena de yeso. Por su parte las areniscas pueden clasificarse como litarenitas con un 20-23% de granos calcáreos y un 18-20% de granos de cuarzo, el cemento es calcáreo y yesífero. El yeso también se presenta como accesorio.

Según las características descritas estos materiales se habrían depositado en áreas distales de abanico aluvial. En este ambiente existiría un dominio de los sedimentos producto de los desbordamientos de los cauces. Los niveles carbonatados se habrían depositado en zonas de encharcamiento en la llanura aluvial (ver figura 10-B).

Por las consideraciones realizadas en el apartado anterior los niveles cartográficos correspondientes a la Unidad Galocha-Ontiñena, tienen una edad Aquitaniense.

1.2. CUATERNARIO

1.2.1. Gravas y cantos con matriz limo-arcillosa (17, 18 y 19). Glacis y glacis degradados. Pleistoceno

Estos depósitos se encuentran localizados principalmente en la zona comprendida entre Mequinenza y Torrente de Cinca, sobre todo en la margen derecha del río Cinca.

Se han diferenciado dos niveles distintos, correspondiendo el más antiguo (17) a una serie de depósitos con morfología de glacis ubicados en la zona indicada y desarrollados a partir del importante escarpe estructural existente en dirección al valle del Cinca.

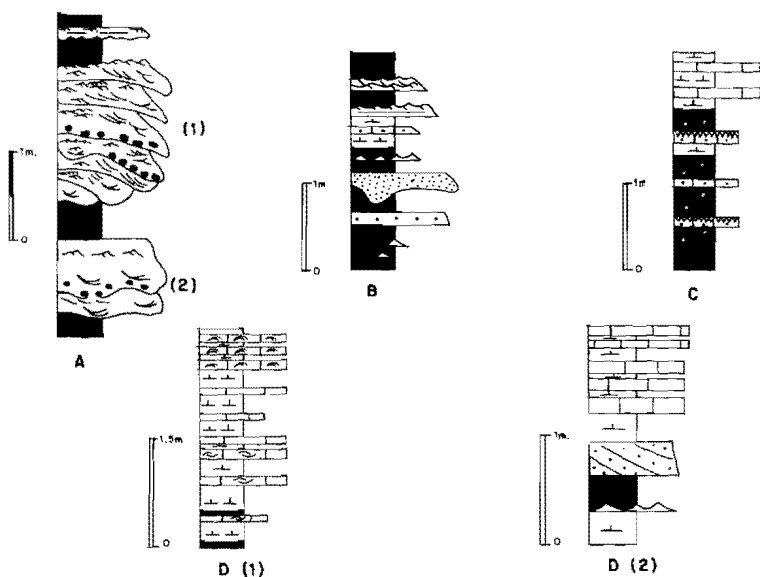
Localmente, al sur de Torrente de Cinca, puede observarse la relación con la terraza de 30-35 m. a la que recubren parcialmente, si bien no puede descartarse que en otros lugares sean anteriores, dada la ausencia de criterios de correlación.

En la zona centro-occidental de la hoja, en el valle del Ebro, se reconocen depósitos equivalentes que, sin embargo, se encuentran fuertemente retocados y disectados por procesos fluviales y de ladera más recientes. Se han representado en la cartografía como glacis degradados (18).

También se han cartografiado otros depósitos de glacis más recientes (19), el más extenso de los cuales se localiza en la confluencia de los ríos Segre y Cinca con el Ebro, frente a Mequinenza. Debe señalarse que, en este caso, la actividad extractiva de lignitos a cielo abierto en este lugar está provocando su parcial desmantelamiento.

Generalmente están formados por cantos predominantemente calcáreos, subangulosos, que en los niveles más antiguos aparecen frecuentemente bien clasificados y localmente organizados en capas alternantes con otras de predominio areno-arcilloso. La matriz es limo-arcillosa. Su potencia puede evaluarse entre 1 y 5 m.

Se les atribuye una edad pleistocena.



A - FACIES DE RELLENO DE CANALES MEANDRIFORMES (1) Y RECTILÍNEOS (2)

B - SECUENCIAS DE FACIES DE LLANURA DE INUNDACIÓN

C - SECUENCIAS DE FACIES PALUSTRES-LACUSTRES

D - SECUENCIAS DE FACIES LACUSTRES

(1) LACUSTRE - CARBONATADO

(2) LACUSTRE - DETRÍTICO

LEYENDA



Fig. 10. Secuencias de facies representativa de los ambientes deposicionales que se desarrollan en la hoja de Mequinenza

1.2.2. Gravas con matriz limo-arenosa. (20, 21, 22, 23, 24 y 25). Terrazas. Pleistoceno-Holoceno

Se han reconocido 6 niveles de terrazas correspondientes a los ríos Cinca y Segre, que oscilan entre los 3-5 m y los 90-95 m de cota sobre el cauce actual. Una descripción detallada de los niveles y sus cotas se encuentra en el capítulo de Geomorfología.

Su depósito está compuesto por cantos polimícticos bien redondeados con tamaños de hasta 30 cm y modas de 3-5 cm, como más habituales. La matriz es limo-arenosa y presentan frecuentes estructuras internas: bases erosivas, barras de gravas, etc. Su potencia habitual se sitúa entre los 2-4 m. Localmente aparecen cementaciones por carbonatos, con encostramientos locales.

Excepto el nivel más bajo, de edad holocena, se ha atribuido la edad de formación del resto de los niveles al Pleistoceno.

1.2.3. Cantos con matriz limo-arcillosa (27 y 28). Coluviones y conos de deyección. Limos y arcillas con cantos (26). Depósitos aluvial-coluvial. Holoceno

Se trata de un conjunto de depósitos de características litológicas similares compuestas por cantos mal clasificados englobados en matriz limo-arcillosa, cuya potencia no suele superar los 2-3 m.

Los cantos son de tamaños variables, generalmente poco elaborados y predominantemente calizos o areniscosos.

Se encuentran relacionados con los procesos morfogenéticos característicos de clima árido imperantes en esta zona de la Cuenca del Ebro, como son movilizaciones en ladera por gravedad y arroyada.

Su edad es Holoceno.

1.2.4. Arenas, arcillas y grava. (29) Llanura de inundación y barras. Holoceno

Se han cartografiado como tales las zonas más bajas, potencialmente inundables, asociadas a los cauces activos de los ríos Segre y Cinca, incluyendo tanto la llanura de inundación como las barras laterales. La litología es muy similar compuesta por arenas, arcillas y algunas gravas, siendo las litologías más gruesas dominantes en las morfologías de barra.

Su edad es Holoceno.

1.2.5. Arenas, limos y arcillas con cantos (30). Aluviales y fondos de valle. Holoceno

Se incluyen en este apartado tanto los depósitos asociados a las morfologías fluviales de fondo aluvial como a las mixtas fluvial-ladera correspondientes a las "vales", siendo estas últimas absolutamente predominantes en el ámbito de la hoja.

Se trata de arenas, limos y arcillas con cantos no muy abundantes de naturaleza calcárea y silíceas. Su potencia no suele rebasar los 2-3 m y su atribución cronológica es al Holoceno.

2. TECTONICA

2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La hoja de Mequinenza está situada en el sector central de la Cuenca del Ebro.

La Cuenca del Ebro, en sentido tectónico, corresponde fundamentalmente a los últimos estadios de la cuenca de antepaís del Orógeno Pirenaico. En superficie sus límites están marcados por la Cordillera Pirenaica, la Cordillera Ibérica y los Catalánides, y en subsuelo su extensión es mayor, ya que está recubierta parcialmente por las unidades alóctonas del 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.

Los materiales sobre los que se disponen los sedimentos terciarios, y que constituyen el sustrato de la Cuenca del Ebro, son principalmente de edad triásica y jurásica, con retazos cretácicos aislados, excepto en la parte oriental, donde llega a aflorar extensamente el zócalo paleozoico. Los mapas de subsuelo permiten observar (RIBA *et al.*, 1983) la inclinación generalizada de la superficie superior del sustrato hacia Los Pirineos, llegando a sumergirse bajo las unidades deslizadas que constituyen el frente surpirenaico. Esta superficie alcanza en la parte norte de la Cuenca profundidades superiores a los 3.500 m bajo el nivel del mar (más de 5.000 en La Rioja Alavesa), mientras la parte meridional se mantiene siempre a menos de 1.000 m.

Esta disimetría de la cuenca se manifiesta también en la edad del relleno sedimentario. Los primeros sedimentos depositados sobre la superficie basal de la cuenca son de edad paleocena y eocena y de carácter marino sólo en la parte septentrional (en buena parte bajo los cabalgamientos pirenaicos), siendo continentales y de edad progresivamente más moderna cuanto más próximos al margen ibérico se encuentran, de manera que en la parte meridional de la cuenca el Mioceno constituye la base del Terciario. Esto es un reflejo de la evolución de la deformación en el orógeno, hacia el antepaís y progresivamente más moderna de este a oeste. Así, es en La Rioja donde se registra la actividad compresiva más moderna, Mioceno medio en las Sierras de Cameros y Demanda y Vindoboniense en la Sierra de Cantabria, mientras que en esa misma época los Catalánides se encuentran sometidos a un régimen distensivo dominante.

El estudio de superficie de la Cuenca del Ebro muestra una estructura geológica muy sencilla, con capas subhorizontales o con buzamientos muy suaves en la mayor parte de la cuenca, excepción hecha de aquellas áreas próximas a las cadenas colindantes. Las deformaciones más abundantes en la cuenca están ligadas a fenómenos halocinéticos. Sin embargo, la cartografía de detalle pone de manifiesto la existencia de estructuras que, si bien no suelen ser deformaciones de gran intensidad, sí presentan cierta continuidad lateral reflejada por la presencia de direcciones paralelas a las estructuras ibéricas a lo largo de prácticamente la

totalidad de la cuenca, así como otras de orientación NNE a NE, más difíciles de detectar. Estas direcciones preferentes también se manifiestan en los lineamientos detectados con imágenes de satélite y parecen ser reflejo en superficie de estructuras mayores que en algunos casos llegan a afectar al sustrato, como ponen de relieve los, hasta el momento no muy abundantes, datos de subsuelo.

La hoja de Mequinenza está ubicada en la parte centro-meridional de la Cuenca del Ebro, ocupando una posición próxima al borde septentrional de la Cordillera Ibérica, cerca de la zona de enlace con Los Catalánides; y aunque está constituida por depósitos sinorogénicos en el sentido de ser coetáneos con la deformación de las cadenas adyacentes, presenta una estructura geológica muy sencilla, ya que la deformación apenas se ha transmitido hasta este sector de la cuenca.

2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

La disposición estructural de los estratos es subhorizontal en la mayor parte de la hoja, aunque allí donde hay niveles de referencia tabulares suficientemente extensos se aprecia un buzamiento generalizado de las capas de 1° hacia el ONO, inclinación que se infiere también de los datos de sondeos de carbón y de la cartografía geológica de las unidades sedimentarias distinguidas. Este basculamiento generalizado es el responsable de que en la mitad oriental de la hoja no se encuentren representadas apenas las unidades más modernas. La persistencia de este fenómeno en grandes extensiones de la cuenca sugiere la existencia de fracturas mayores en el sustrato con orientación NE-SO.

Este basculamiento también condiciona la orientación de la red de drenaje en la plataforma estructural que ocupa el sector noreste de la hoja. En esta zona las orientaciones de los “vales” son muy constantes, en torno a ONO, lo cual indica que se trata de un fenómeno que ha podido funcionar, al menos en parte, durante el Cuaternario. De todas formas, la dirección ONO-ESE en la red de drenaje es una orientación muy constante en extensas áreas de la Cuenca del Ebro (hojas de Bujaraloz, Caspe, Peñalba, Castejón y Gelsa), y en algunos puntos de las hojas de Gelsa y Bujaraloz se ha podido relacionar con la existencia de fracturas y pliegues flexurales.

Localmente se observan estructuras de plegamiento muy laxas en las calizas oligocenas, principalmente al sur de la confluencia de los ríos Cinca y Segre, e incluso una falla listrica enfrente del pueblo de Mequinenza, al otro lado del Segre. Estas ondulaciones pueden ser reflejo de los episodios compresivos en la Cordillera Ibérica.

Los niveles competentes, fundamentalmente calcáreos, muestran un diaclasado vertical con orientaciones muy constantes en toda la extensión de la hoja. Consiste en una familia principal de diaclasas con orientación NNE que no presenta apenas dispersión, y una familia secundaria subperpendicular. Este sistema de diaclasas se interpreta como resultado de la superposición de una compresión N-S a un campo distensivo multidireccional. La presencia, localmente, de diaclasas con orientaciones anómalas se interpreta como perturbaciones del campo de esfuerzos regional por fracturas mayores preexistentes en el sustrato.

Son frecuentes las microfallas normales en los niveles carbonatados, con orientación preferente ENE. El análisis poblacional de las fallas indica que son coherentes con un régimen de distensión tendente a radial, con el máximo distensivo en torno a la dirección N140 E.

2.3. EVOLUCION TECTONICA

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

El relleno de la cuenca por depósitos molásicos fluviales y lacustres parece condicionado desde el Oligoceno (al menos) por la actividad tectónica en el Pirineo, que origina una gran subsidencia relativa de la Cuenca del Ebro.

Los datos de subsuelo (RIBA *et al.*, 1983) indican que el eje del surco sedimentario sufre una traslación hacia el sur desde el Paleoceno al Mioceno superior. También se observa que durante el Eoceno y Oligoceno existen dos depocentros, uno en Navarra-La Rioja y otro en Cataluña, separados por un alto relativo situado en Los Monegros. A partir del Mioceno el depocentro se sitúa en la zona de Los Monegros-Bajo Aragón al tiempo que cesa la sedimentación en la parte catalana. En la parte occidental de la cuenca la sedimentación continúa durante gran parte del Mioceno a favor de los surcos sinclinales de Navarra y La Rioja (formados a comienzos del Mioceno), prolongándose durante el Mioceno superior al menos en la Rioja Alta y la Bureba, cuyo Terciario más moderno llega a enlazar con el de la Cuenca del Duero.

La actividad tectónica pirenaica se desarrolla fundamentalmente durante el Eoceno (emplazamiento de los mantos del Cotiella y Pedraforca) y Oligoceno (emplazamiento del manto de Gavarnie y reactivación del Pedraforca), aunque la deformación migra hacia el oeste, de manera que en Cataluña los primeros indicios de deformaciones compresivas del Pirineo son anteriores al Eoceno, e incluso al Paleoceno, y desaparecen antes del Mioceno, mientras que en la zona occidental (Rioja) existen cabalgamientos cuya actividad se prolonga al menos hasta el Vindoboniense.

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

Durante el Mioceno y Plioceno tiene lugar una etapa de tectónica predominantemente extensional que afecta a la mayor parte del noreste peninsular, aunque siguen existiendo indicios

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

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

2.4. NEOTECTONICA

Hacia el Mioceno superior-Cuaternario se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que produjo un 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 σ_1 próximo a E-O, lo que hace que se forme una familia principal de diaclasas en torno a N-S. El intercambio de σ_1 y σ_2 en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar a una familia secundaria en dirección E-O.

Las microfallas analizadas denotan la presencia de un campo perturbado probablemente por la actividad de las mismas fallas de sustrato que controlaron los basculamientos y los cambios de trazado de la red de drenaje, dando una dirección de extensión máxima en torno a SE a SSE.

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

3. GEOMORFOLOGIA

3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La hoja de Mequinenza se sitúa en la zona centro-oriental de la unidad fisiográfica de la Depresión del Ebro.

La climatología en la hoja es de tipo mediterráneo continental, con temperaturas medias anuales entre 15°-16° y precipitaciones medias en torno a los 400 mm lo que le confiere un carácter semiárido.

Orográficamente la hoja se caracteriza por la presencia de relieves medios que presentan su cota culminante en el vértice Montmeneu (495 m) situado en la zona sur-oriental. En con-

junto, el territorio comprendido en la hoja presenta un suave desnivel descendente en dirección norte y noroeste, que resulta interrumpido por el fuerte encajamiento que en este relieve sufre el río Ebro, así como el curso bajo de Cinca y Segre, lo que genera profundos valles con laderas escarpadas.

Es también destacable la extensa zona prácticamente plana, o con suave pendiente, que ocupa el cuadrante noroccidental de la hoja, relacionada con niveles estructurales.

La red fluvial principal de la hoja está constituida por el río Ebro, con sus afluentes Segre y Cinca. El primero discurre fuertemente encajado, con dirección aproximada NO-SE por la zona meridional de la hoja. Recibe por su margen izquierda el curso confluyente de Segre y Cinca, que con dirección general norte-sur y NE-SO fluyen por la zona nororiental.

En esta zona las aguas de estos ríos se encuentran reguladas por una serie de embalses para su aprovechamiento hidroeléctrico. La cerrada de Mequinenza se encuentra en la misma hoja, mientras que inmediatamente aguas abajo de la misma, se sitúa la cola del siguiente embalse (Ribarroja).

El resto de la red fluvial existente en la hoja es de escasa entidad, aunque con densidad notable, y dado lo árido del clima en la zona está constituida principalmente por valles de fondo plano ("vales") y barrancos de incisión lineal.

La zona tiene una economía fundamentalmente agrícola, debiendo destacar los importantes cultivos de frutales asociados a las vegas del Segre y Cinca favorecidos por la presencia de los canales de Aragón y Cataluña y Serós. En el resto de la hoja impera el cultivo de secano, especialmente desarrollado en las planicies citadas del cuadrante noroccidental.

Asimismo, la minería del lignito tiene incidencia en la economía de la zona, habiéndose sustituido las antiguas labores subterráneas, generalmente de pequeña importancia, por nuevas explotaciones a cielo abierto en la zona sur-oriental de la hoja.

3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

En el modelado de una región el primer factor a considerar es la composición litológica y estructura geológica del substrato, en cuanto que constituye el soporte que condiciona la distribución de los principales relieves. Por otra parte, su interacción con los procesos de la dinámica fluvial, causa principal del vaciado erosivo y acarreo de los materiales denudados, constituye la justificación de la evolución morfogenética del área en los tiempos recientes, dentro del contexto de un sistema morfoclimático de carácter semiárido.

3.2.1. Estudio morfoestructural

En la hoja de Mequinenza es característico el predominio de una sedimentación de tipo alterante entre niveles más resistentes, fundamentalmente carbonatados, y otros más lábiles, arcillosos y margosos.

La disposición estructural de estos materiales es monoclinal, con suaves buzamientos en dirección NO o subhorizontales. Ello genera el rasgo morfológico más llamativo en la superficie de la hoja, que es la presencia de superficies estructurales modeladas a favor de los niveles resistentes. En el cuadrante noroccidental de la hoja, destaca poderosamente la presencia de una amplia superficie, levemente irregular, generada a favor de varios de estos niveles duros y que ha sufrido un leve retoque posterior por algunos cauces que se han instalado sobre ella. Por esta razón ha sido cartografiada como superficie estructural degradada.

Estas superficies generan escarpes que, en el caso de la extensa superficie noroccidental alcanza los 300 m de desnivel en la zona de Mequinenza.

La degradación erosiva de estas superficies estructurales provoca la presencia de cerros cónicos en el área.

Debe también ser resaltado el hecho de que en la zona occidental de la hoja se observan una serie de anomalías de trazado en algunos valles, con tramos claramente rectilíneos de difícil justificación en la evolución normal de los cauces que, sin duda, responden a un control estructural de los mismos provocado por la presencia de fracturas que han debido tener actividad neotectónica. En este mismo sentido llama la atención la linealidad de los valles del Cinca y Segre que pudieran tener una justificación similar. En líneas generales el valle del Cinca y su teórica prolongación hasta el Ebro marca también un límite geomorfológico, con desarrollo de “vales” hacia el este y claro predominio de la incisión lineal hacia el oeste.

3.2.2. Estudio del modelado

3.2.2.1. Laderas

Las laderas constituyen elementos fundamentales en la composición del paisaje ya que a través de ellas se produce el aporte de agua y sedimentos a la red de drenaje.

En el ámbito de la hoja son frecuentes las laderas regularizadas de perfiles cóncavos que enlazan suavemente con su nivel de base local. Se encuentran especialmente representadas en las zonas en las que se localizan las superficies estructurales. Suelen estar tapizadas por un recubrimiento detrítico de escaso espesor. Cuando éste alcanza cierta potencia, generalmente relacionado con la parte baja de los escarpes más abruptos, se han cartografiado como coluviones. En alguno de estos depósitos (margen derecha del Cinca), se ha reconocido más de un episodio de actividad posiblemente relacionado con causas neotectónicas.

3.2.2.2. Formas fluviales

Las principales morfologías de origen fluvial presentes en la hoja de Mequinenza se encuentran relacionadas con los ríos Segre y Cinca.

En ambos cauces se han cartografiado una serie de depósitos correspondientes a terrazas. Los niveles más bajos representan un sistema encajado, en tanto las más altas son terrazas colgadas con escarpes netos.

En este hoja se han reconocido cinco niveles, cuyas cotas relativas sobre el cauce actual son las siguientes:

NIVEL	COTA
g	+ 3 -5 m
f	+ 8-10 m
e	+ 15-20 m
d	+ 30-35 m
c	+ 40-45 m
b	+ 85-95 m

Debe comentarse el hecho, de que el importante salto en cotas observable entre los niveles b y c se debe a la ausencia, en la hoja de Mequinenza, de un nivel más (situado a una cota de +60 m) que, en cambio, si ha sido reconocido en la vecina hoja de Fraga.

Por otra parte, el nivel b (+85-95 m) presenta la peculiaridad, de que en uno de los dos únicos afloramientos observados en la hoja, (en el situado al norte de Serós), son reconocibles dos niveles separados entre sí (+85 y +95 m). Dada la escasa superficie ocupada por el más alto se ha optado en la cartografía por agrupar ambos.

Asociados al cauce activo se han cartografiado una serie de depósitos correspondientes a la llanura de inundación y las barras de acreción lateral, tanto en el Segre como en el Cinca. Como es lógico, dicha cartografía debe considerarse exclusivamente como indicadora de la existencia de dichas morfologías, pero en ningún caso como definitiva, dado que la dinámica actual de funcionamiento de dichos ríos puede variar su extensión y ubicación.

En el nivel de terraza bajo (+ 3-5 m) se han cartografiado una serie de meandros abandonados, relictos del divagar del cauce en la etapa de funcionalidad y depósito de dicha terraza.

En la zona meridional de la hoja son los procesos fluviales de erosión activa los dominantes, lo que da lugar a un extenso desarrollo de una red de barrancos de incisión lineal que, en algunas zonas, sobre todo en la parte más occidental, dan lugar a la aparición de áreas acar-cavadas. Asociados principalmente a estos procesos de intensa denudación se han cartografiado también las aristas o interfluvios más notables.

La desembocadura de algunos arroyos sobre niveles de terrazas da lugar a pérdidas de drenaje y a la formación de conos de deyección que en ocasiones pueden ser coalescentes.

3.2.2.3. *Formas poligénicas*

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

Se han cartografiado morfologías de glacis, que se desarrollan principalmente al pie del importante escarpe estructural localizado entre Mequinenza y Torrente de Cinca.

Se trata de morfologías de escasa extensión, que en la zona septentrional solapan a la terraza de 30-35 m y que se encuentran posteriormente incididos.

Al este de Mequinenza y en la zona septentrional de la hoja se han cartografiado también morfologías correspondientes a glacis más modernos apenas incididos, que podrían considerarse como subactuales.

En algunas zonas de la hoja se han representado, cuando su extensión es notable, algunas áreas tapizadas por depósitos de génesis aluvial-coluvial.

Por último se han incluido en la cartografía las “vales” o valles de fondo plano, formas de gran importancia en el modelado regional. Debe señalarse que dada su absoluta preponderancia en el área, se han representado también como tales algunos tramos o pequeños cauces que podrían considerarse como aluviales.

Las “vales” presentan una morfología de valle en artesa y generalmente no tienen una concavidad de enlace evidente con las vertientes laterales.

En la génesis de los depósitos de naturaleza limo-arcillosa que constituyen su relleno intervienen tanto aportes laterales de índole coluvial, como longitudinales de origen fluvial. Por otra parte, su litología favorable para los cultivos provoca que se encuentren normalmente aterrizados, por lo que el factor antrópico tiene una indudable importancia en su preservación, al controlar la dinámica erosiva de los procesos de incisión.

3.2.2.4. *Formas antrópicas*

Aunque su extensión no es significativa se han representado en el mapa algunas de las escombreras existentes en el área de Mequinenza correspondientes a antiguas explotaciones de lignitos.

Como ya se ha indicado anteriormente, existe una nueva tendencia a explotaciones a cielo abierto en el área, lo que trae consigo importantes modificaciones de la morfología. Así está sucediendo, por ejemplo, en el área situada al este de Mequinenza, donde se está procediendo al desmonte y aterrazamiento del coluvión representado en la cartografía. En cualquier caso, dada la previsible variación debida a la propia dinámica de la explotación, se ha optado por obviar la ubicación de estas labores.

3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

Las características litológicas y sedimentológicas de los depósitos superficiales, han sido ya expuestas en el capítulo de estratigrafía del Cuaternario. Las morfologías deposicionales han

sido a su vez tratadas en el capítulo anterior, por lo que en este apartado se indicará únicamente la presencia, sobre las superficies estructurales, de un tapiz de depósitos, generalmente poco potente, procedente de la alteración del sustrato y, a su vez de la antropización por cultivo en dichas superficies. Estos materiales tienden a acumularse a favor de la pendiente estructural y también en las partes altas de los barrancos que drenan estas superficies lateral o distalmente.

3.4. EVOLUCION DINAMICA

En la hoja de Mequinenza la inexistencia de sedimentos atribuibles al Mioceno superior y Plioceno hace difícil el establecimiento de la evolución geomorfológica pre-cuaternaria.

Sin embargo, y por consideraciones regionales, se puede indicar que el comienzo de la evolución reciente puede situarse hacia el tránsito Mioceno-Plioceno, con el cambio de las condiciones endorreicas preexistentes en la Cuenca, hacia un régimen exorreico, tras el establecimiento de la red fluvial del Ebro como sistema de erosión y transporte exorreico hacia el Mar Mediterráneo a través de los Catalánides.

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

El comienzo de la exhumación de las series miocenas y oligocenas permite el desarrollo de procesos erosivos diferenciales que paulatinamente y hasta la actualidad, van elaborando las distintas superficies estructurales ligadas a las capas carbonatadas con mayor resistencia a la erosión. Hay que considerar a los fenómenos de arroyada como agentes principales de este modelado.

En la hoja de Mequinenza los depósitos cuaternarios más antiguos observados corresponden a los niveles de terrazas fluviales de los ríos Cinca y Segre. Puede atribuirse el más alto (nivel b) al Pleistoceno superior, correspondiendo los restantes (c, d, e y f) al Pleistoceno inferior y medio, mientras que el más reciente (nivel g) sería ya Holoceno.

Coetáneamente a la sedimentación de las terrazas, aunque de forma local, debían producirse aportes procedentes de los relieves circundantes con morfología de glacis, como los observables en la margen derecha del río Cinca y que recubren claramente a la terraza de 30-35 m.

En conjunto y para esta época (Pleistoceno), la morfología debía ser sensiblemente similar a la actual con dos cursos fluviales principales y en posición prácticamente equiparable a la actual.

Las últimas etapas en el desarrollo del relieve en la hoja se caracterizan por la creación de la última terraza de edad holocena y el encajamiento de la red fluvial secundaria con generación de morfologías de conos de deyección, coluviones, depósitos aluvial-coluvial, rellenos de las "vales" y regularización generalizada de vertientes.

3.5. MORFOLOGIA ACTUAL Y SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

En la actualidad, las condiciones climáticas semiáridas imperantes en la región hacen de la arroyada, tanto difusa como concentrada, y de la incisión lineal, los procesos morfogenéticos más importantes, particularmente en los sectores con mayor relieve en la hoja.

Debe señalarse por otra parte, que la presencia de las presas de Ribarroja y Mequinenza tienen una indudable influencia en la dinámica de los ríos existentes en la hoja, en cuanto a la atenuación y variación en la generación de barras de acreción, influencia en la extensión de llanuras de inundación, etc.

El factor antrópico tiene también una especial importancia en orden a la predicción de tendencias morfológicas futuras habida cuenta, por una parte, de la implantación de grandes áreas de cultivos, tanto de regadío como de secano, con los consiguientes aterrazamientos en sectores del territorio y su influencia sobre la dinámica de los procesos activos. Por otra parte, y como ya se ha indicado, la instalación de explotaciones mineras a cielo abierto está produciendo una significativa variación morfológica en el paisaje con alteración de formas naturales y generación de otras nuevas, que indudablemente influirán en el proceso de relación natural entre erosión y sedimentación.

4. HISTORIA GEOLOGICA

La hoja de Mequinenza se sitúa en el sector central de la Cuenca del Ebro. Esta cuenca, desde el Paleoceno hasta el Mioceno superior, se constituyó como la cuenca de antepaís meridional del Orógeno Pirenaico (PUIGDEFABREGAS *et al.*, 1986), relacionada también con la evolución de la Cordillera Ibérica, situada al suroeste y Los Catalánides, que limitan dicha cuenca por el sureste.

Durante el Paleoceno, en la cuenca tiene lugar la sedimentación de materiales continentales, representados por la Formación Mediona (FERRER, 1971) y, durante el llerdiense, se produce una transgresión marina generalizada, durante la cual se depositan en el margen más septentrional de la Cuenca depósitos marinos. A grandes rasgos, durante gran parte del Eoceno, en la cuenca se desarrolla una sedimentación marina, en parte representada por los *fan deltas* del Puigsacalm, procedentes del Pirineo y los de Sant Llorenç del Munt y de Montserrat, procedentes de Los Catalánides.

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

La sedimentación de los sistemas aluviales tiene lugar de forma coetánea con la deformación de los orógenos que circundan la cuenca. Este hecho queda reflejado en las discordancias progresivas y angulares desarrolladas en los materiales conglomeráticos de abanico alu-

vial 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 que afloran en la hoja de Mequinenza, abarcan un intervalo cronoestratigráfico comprendido entre el Oligoceno superior (Chattiense) y el Mioceno inferior (Aquitaniense). Estos sedimentos forman parte de las cinco unidades genético-sedimentarias que se han mencionado en el capítulo de estratigrafía: U. Alfés-Ribarroja, U. Fayón-Fraga, U. Mequinenza-Ballobar, U. Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca y U. Galocha-Ontiñena.

Durante el Chattiense el área de la hoja se encontraba ocupada por un extenso lago somero con sedimentación carbonatada. Un poco más tarde, durante el Chattiense superior (Unidad Fayón-Fraga) tiene lugar una progradación de los sistemas aluviales, que colmata el área lacustre, sustituyendo sus depósitos por una sedimentación aluvial de carácter distal. Progresivamente disminuye el aporte de material terrígeno, y la sedimentación lacustre va ocupando progresivamente el área de la hoja. Durante esta etapa de progradación lacustre en las áreas marginales del lago tiene lugar un importante acúmulo de materia orgánica, que dará lugar posteriormente a niveles de lignitos.

Durante la etapa más reciente del Chattiense se depositan de nuevo facies aluviales, predominantemente canalizadas, que forman la parte inferior de la unidad Mequinenza-Ballobar, que representan una nueva reactivación de los sistemas aluviales. La evolución posterior del área es similar a la indicada para el período anterior, depositándose a continuación materiales lacustres y palustres, tanto terrígenos como carbonatados.

La sedimentación de la base de la unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, formada por paleocanales de ríos meandriformes y por facies de llanura de inundación, refleja el inicio de un nuevo período de reactivación de los sistemas aluviales, durante el Chattiense terminal. A continuación se produce otra etapa de rápida expansión lacustre en el límite Oligoceno-Mioceno.

Finalmente los depósitos aluviales que constituyen la base de la Unidad Galocha-Ontiñena, representan la última etapa de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales que tuvo lugar en el área cartografiada durante el Aquitaniense. Los materiales carbonatados que se intercalan entre las facies aluviales, representan pequeños episodios de expansión lacustre-palustre.

Desde este momento y hasta el Cuaternario, no existe registro sedimentario en la hoja de Mequinenza. Por consideraciones regionales, puede indicarse que la sedimentación se prolongó a lo largo del Mioceno con el depósito de unidades de características similares, localizándose sus depocentros sedimentarios hacia el oeste y noroeste de la zona estudiada.

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

En el tránsito Mioceno-Plioceno se produce un fuerte cambio en las condiciones de sedimentación de la cuenca tras el establecimiento de la red fluvial del Ebro como sistema de transporte y erosión exorreico hacia el Mediterráneo que representa el mayor cambio en las condiciones sedimentarias de la región. Desde este momento y durante todo el Cuaternario, se produce una alternancia de etapas de erosión y sedimentación en la cuenca, relacionadas con cambios climáticos y con claro predominio global de las primeras.

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

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

5. GEOLOGIA ECONOMICA

5.1. RECURSOS MINERALES

5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos

La actividad minera sobre los materiales de este apartado ha sido escasa, tan sólo explotaciones inactivas de caliza y yeso para aglomerantes hidráulicos, de mercado local o comarcal; indicios 2, 3 y 4.

Es llamativo el indicio nº 12 (9 del M.M. 1:200.000) de "plata", explotación que incluso figura en la planimetría de los topográficos antiguos y modernos; no se han conseguido referencias precisas que aclaren lo chocante de un indicio metálico de hábito sulfurado en un depósito de terraza pliocuaternaria.

Se han citado al sur de la Granja d'Escarp niveles arcillosos de naturaleza especial, tipo sepíolitas y attapulgitas. La cita no es precisa pero las posibilidades en cuanto a ámbito sedimentario y post-sedimentario son ciertas, por lo que se reseñan aquí.

El sondeo petrolífero Fraga I cortó niveles de anhidrita cuyo interés económico es, al día de hoy, muy hipotético.

5.1.2. Minerales energéticos

Gran parte de la hoja está ocupada por la cuenca lignitífera de Mequinenza, tanto aflorante como determinada por sondeos. Esta cuenca, intensamente explotada en las décadas anteriores, aun proporciona decenas de miles de toneladas de producción anual, para la generación de electricidad en las centrales térmicas situadas al SO de la zona, fundamentalmente Escatrón.

Los condicionantes medioambientales presentes, fundamentalmente las limitaciones a la emisión de SO₂ y partículas, penalizan gravemente a los lignitos en general y a éstos en particular como combustibles. Los lignitos de Mequinenza tienen altos contenidos en azufre, nunca menores del 1% pero con frecuencia mayores del 5% y se presentan en paquetes de niveles que raramente superan los 50 cm de continuidad en potencia; ello impone un método de explotación poco selectivo, con la consiguiente obtención de un producto con muchas cenizas (fuerte emisión de partículas) y bajo poder calorífico. El futuro, limitado, de la cuenca está en que los experimentos de combustión en lecho flotante que realiza ENDESA, en Escatrón precisamente, tengan éxito tecnológico; y también en la mejora de las comunicaciones entre la Cuenca y la Central. En todo caso es un futuro ligado a épocas de desabastecimiento petrolífero y carestía de los combustibles líquidos.

En relación a los períodos de crisis petrolera se produjo una intensificación de la exploración de minerales radioactivos para su enriquecimiento y uso en generación termoeléctrica. Era ya conocida la anomalía radiométrica de la Cuenca y el enriquecimiento diagenético en uranio y thorio que los niveles carbonosos (reductores) registran a partir de soluciones circulantes con origen en yacimientos primarios (sobre Paleozoico) y secundarios (sobre Permotrias) de los macizos de la Cordillera Litoral Catalana, fuente de buena parte de los sedimentos detríticos continentales de la Depresión Central Catalana. También se conocen hace tiempo que los compuestos uranoorgánicos en forma de quelatos presentan una gran estabilidad y resistencia a los procesos de concentración metalúrgica. Con todos estos datos y consecuencia del Plan Nacional correspondiente, en 1975 se investigó la Cuenca para U y Th y con la perspectiva de una posible utilización en ciclo combinado: reimperando los radioactivos de las cenizas de combustión.

Un posterior enfoque en 1982 de los lignitos de Mequinenza, como combustibles, se plasmo en un plan de investigación y evaluación que modelizó el yacimiento, correlacionó los paquetes y estableció sus reservas. Como resumen, se puede hacer notar que aun quedan reservas considerables, de explotabilidad crítica y muy frágil a la evolución del mercado.

El yacimiento se modelizó en siete paquetes numerados del 1 al 7 de techo a muro, que presentan un cierto relevo de arriba a abajo en la dirección ONO, sobre el eje de la umbilicación y en la dirección de la progradación del depósito.

El afloramiento de los paquetes, que presentan un ligero buzamiento al NO, viene condicionado por la topografía, de manera que al oeste de Mequinenza desaparecen bajo depósitos más modernos. En cambio en el extremo SE de la hoja, los afloramientos son más numerosos, con niveles de los paquetes primero al quinto.

Para la identificación de los niveles o subpaquetes (en entornos menores de 10 m de potencia) los paquetes (entre 50 y 60 m de potencia) se numeraron como sigue, y así se citan en el cuadro resumen:

- 3°00: nivel **central** (sobre la línea de correlación) del paquete 3°.
- 3°11: nivel o subpaquete **superior** próximo del paquete 3°.
- 3°12: nivel o subpaquete **superior** lejano (25, 30 m) del paquete 3°.
- 3°21: nivel o subpaquete **inferior** próximo.
- 3°22: nivel o subpaquete **inferior** lejano.

En el cuadro resumen, que lo es resumen también de la multitud de explotaciones pasadas y presentes, se dan datos para la identificación y referenciado de labores y niveles explotados.

Los niveles, salvo en los sondeos en que la correlación es muy afinada, se adjudican a los paquetes con las reservas propias de la escala de trabajo.

Otros datos más precisos sobre composición del lignito, que es del tipo "negro-duro-brillante" (según la clasificación ASTM), sobre el poder calorífico, potencias por niveles y zonas, etc, se encuentran en el proyecto ADARO-DGM (1983) fácilmente consultable. Aquí por la profusión de indicios su resumen excedería de los límites de esta memoria.

5.1.3. Rocas industriales

Tan solo se reseña el indicio 5 de arcilla común para ladrillos y tejar, que corresponde a una facies similar a la que se explota en Fraga y que constituye un yacimiento de algún interés.

Explotaciones pasadas de áridos en los cauces del Cinca y del Ebro, o bien quedaron anegadas por la subida de nivel del río al ser embalsado, o bien son de difícil continuidad al haberse colonizado todos los aluviales recientes con plantaciones de frutales. En todo caso la demanda comarcal centrada en Fraga y el bajo Segriá (de Lleida) está bien servida por yacimientos situados fuera de esta hoja, lo que no ayuda a potenciar los posibles yacimientos de ésta.

5.2. HIDROGEOLOGIA

La única formación acuífera que se encuentra dentro de la hoja corresponde a los depósitos aluviales de los ríos Cinca y Segre, localizados en el cuadrante nororiental, que forman parte del sistema acuifero nº 62: Aluvial del Ebro y afluentes.

Además de los ya mencionados, destacan como acuíferos el resto de materiales cuaternarios (glacis, coluviones y rellenos de valle) por presentar una permeabilidad media aunque, debido a su pequeña extensión superficial y escaso espesor, su interés hidrogeológico es escaso. Las formaciones terciarias son prácticamente impermeables aunque los niveles carbonatados o detríticos más gruesos, presentes dentro de algunas de estas formaciones, pueden tener cierta permeabilidad.

Debido a la características señaladas, los principales estudios hidrogeológicos realizados en el área se han restringido prácticamente a los depósitos aluviales de los ríos Cinca y Segre. En el informe sobre el sistema acuifero nº 62, llevado a cabo por el ITGE dentro del Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (1978), se han establecido las principales características en cuanto a parámetros hidráulicos del acuífero y funcionamiento del mismo. Asimismo, la Generalitat de Catalunya dispone de datos referidos sobre todo al inventario de puntos de agua.

Con respecto al comportamiento de los materiales terciarios, se han realizado recientemente algunos estudios para evaluar el impacto ambiental de la puesta en regadío de la zona: MOPU-CSIC (1989) y IEA-DPH (1989).

MINERALES METALICOS Y NO METALICOS						
Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
1	X: 268.450 Y: 4596.950 Z: 295 m	Anhidrita	Fraga (Hu)	Sedimentaria- evaporítica	Anhidrita	Corresponde por el sondeo petrolífero Fraga I (1962) en el keuper (12111-1405 m de prof.) en el Muschelkalk medio (1531-1599) y en las facies röt del Bunt, terminal (1701-1750 aprox.)
2 (245)	X: 275.250 Y: 4596.375 Z: 260 m	Yeso	Torrente de Cinca (Hu)	Sedimentaria- evaporítica	Yeso	Antigua explotación ya inactiva para aglomerante sobre niveles del techo del Oligoceno-base del Mioceno
3 (245)	X: 275.375 Y: 4596.350 Z: 240 m	Yeso	Torrente de Cinca (Hu)	Sedimentaria- evaporítica	Yeso	Antigua explotación inactiva con el mismo fin de la anterior con la que dieron el indicio 245 del MRI (no se conserva ficha)
4	X: 274.725 Y: 4596.050 Z: 365 m	Cal	Torrente de Cinca (Hu)	Sedimentaria- evaporítica	Calcita	Antigua cantera de caliza miocena inactiva, que suministró material a un horno de cal
12 (9)	X: 278.525 Y: 4591.400 Z: 85 m	¿Plata?	Masalcorreig (L)	?	?	Corresponde al indicio 9 del Mapa metalogenético. No se tienen otras referencias y el entorno geológico no parece el más apropiado. Parece que existió una labor sobre calizas

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

MINERALES ENERGETICOS						
Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
6	X: 275.180 Y: 4594.520 Z: 240 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Determinado por la intersección del sondeo U-2 (1975) sobre los paquetes 2º y 3º (2º, 12 y 3º, 00) con 42 y 50 cm de potencia respectiva
7	X: 281.100 Y: 4594.875 Z: 145 m	Lignito (U, Th)	Ser's (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Determinado por la intersección del sondeo U-5 (1975) en el paquete 3º (3º, 21) y 4º (4º 12); con potencias reducidas
8	X: 278.300 Y: 4593.350 Z: 90 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Antigua labor inactiva. ¿Paquete 3º?
9 (4,5)	X: 277.850 Y: 4592.600 Z: 100 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Antigua labor inactiva de socavón sobre nivel aflorante. En plano inclinado ¿Paquete 3º?
10 (7)	X: 277.875 Y: 4591.850 Z: 100 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Antigua labor inactiva de socavón sobre nivel aflorante. En plano inclinado. ¿Paquete 3º?
11	X: 278.125 Y: 4591.350 Z: 100 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Dos labores inactivas antiguas- quelatos de U y Th) plano y socavón sobre nivel aflorante. ¿Paquete 2º?. Permiso "Mª Antonia"
13 (8)	X: 278.150 Y: 4590.700 Z: 100 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Labores inactivas (socavón y pozo plano) sobre nivel aflorante. ¿Paquete 3º?. Permiso "María"
14	X: 278.350 Y: 4590.250 Z: 95 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Labores inactivas en socavón sobre nivel aflorante. ¿Paquete 3º?. Permiso "María"

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

MINERALES ENERGETICOS (continuación)						
Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
15 (12)	X: 281.690 Y: 4590.190 Z: 115 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Determinado por el sondeo PM-4, intersectando los pa- quetes 3º (3º,00), 4º (4º,12), con reducida potencia ambos; y 5º (5º,00) con 30 cm
16	X: 278.120 Y: 4589.895 Z: 97,4 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Determinado por la interse- cción del sondeo PM-12 sobre el paquete 3º (3º,11 y 3º,22) con 32 y 34 cm de potencia; 4º (4º,12) con 15 cm; 5º (5º,11) con 13 cm; y 6º (6º,12) con 20 + 26 + 25 cm de potencias próximas
17 (11)	X: 278.300 Y: 4589.900 Z: 95 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo de socavones inactivos sobre capa aflorante del pa- quete 3º?. Posiblemente Permiso "Liberación"
18	X: 286.870 Y: 4589.727 Z: 224,6 m	Lignito (U, Th)	Serós (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Determinado por intersacción del sondeo PM-1 (1982) sobre el paquete 4º (4º,12) con 31 cm de carbón
19 (10)	X: 277.975 Y: 4589.650 Z: 95 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo de labores inactivas. Permiso "Liberación"
20 (13,15)	X: 276.000 Y: 4589.250 Z: 200 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Antiguas labores inactivas. ¿Permiso "Mª Antonia"?
21 (16)	X: 277.350 Y: 4589.400 Z: 120 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Antiguas labores inactivas en plano inclinado. Permiso "Liberación"
22	X: 279.775 Y: 4589.200 Z: 95 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo de socavones inactivos sobre el paquete ¿2º? ¿Per- miso Eugenia?

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

MINERALES ENERGETICOS (continuación)						
Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
23 (17)	X: 277.700 Y: 4589.100 Z: 95 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Labores inactivas sobre el permiso "Pilar"
24	X: 277.900 Y: 4589.050 Z: 85 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Labores inactivas en socavón sobre paquete ¿2º?. Permiso "Pilar"
25 (18,19)	X: 276.925 Y: 4588.675 Z: 120 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Labores inactivas en plano in- clinado. ¿Permiso "Mari Paz?"
26 (22)	X: 279.275 Y: 4588.525 Z: 100 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Socavón inactivo sobre nivel. Paquete ¿3º? aflorante del ¿Permiso "Eva"?
27	X: 272.625 Y: 4588.625 Z: 370 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Determinado por la interse- cción del sonde U-4 (1975) sobre el paquete 1º (1º,12), 2º (2º,00, 2º,12 2º,21, -con 60 cm- y 2º,22; 3º (3º,00, 3º,11, 3º,12 3º,21 y 3º,22), 4º (4º,00 y 4º,12)
28	X: 277.425 Y: 4588.400 Z: 80 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo de socavones inactivos sobre el paquete ¿3º?, perte- necientes a varios permisos
29	X: 278.525 Y: 4588.250 Z: 100 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Socavón inactivo sobre paque- te ¿3º?, permiso Pilar IV
30	X: 277.075 Y: 4588.000 Z: 80 m	Lignito (U, Th)	Torrente de Cinca (Hu)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Socavón inactivo sobre paque- te ¿3º?, permiso "Mª Teresa"

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

MINERALES ENERGETICOS (continuación)						
Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
31 (24,25)	X: 275.900 Y: 4587.675 Z: 180 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo de socavones inactivos sobre paquetes ¿2º y 3º?. Permiso "Emilia"
32	X: 277.975 Y: 4587.650 Z: 100 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Socavón inactivo sobre paque- te ¿3º?. Permiso "Pilar IV"
33 (23)	X: 280.600 Y: 4587.825 Z: 180 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Plano inclinado y diversos socavones, inactivos sobre paquete ¿2º?. Permiso "La Volcana"
34	X: 281.875 Y: 4587.120 Z: 180 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Socavón inactivo sobre paque- te ¿2º?. Permiso "Ntra. Sra. de la Misericordia".
35	X: 262.719 Y: 4587.120 Z: 135,97 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Determindo por la interse- cción del sondeo PM-10 (1982) en 1º, 11 y 1º, 12 con 18 y 19 cm de potencia; en 2º, 22 (con 20 + 35 cm); 3n 3º, 12 y 3º, 22 (15 y 25 cm); en 4º, 22 con 30 cm; en 5º, 22, con 27 cm; y 6º, 12 con 18 + 47 cm
36	X: 269.178 Y: 4587.159 Z: 136,4 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Determinado por la interse- cción del sondeo PM-8 (1982), en los niveles 1º 00; 2º 11; 2º 12 (28 cm), 2º 00, 2º 21 (12 cm), 3º 00 (33 cm), 3º 21 (18 + 23 cm), 4º 12; 5º 00 (23 cm), 6º 22 (29 + 46 cm), 6º 00 (81 cm) y 6º 12 (16 + 21 + 32 cm)
37 (20)	X: 277.600 Y: 4587.375 Z: 100 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo de socavones inactivos sobre el paquete ¿3º? Permi- so "Susana 2º"
38	X: 279.450 Y: 4587.375 Z: 210 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo de socavones inactivos sobre el paquete ¿2º?. "Mina Francisca". Permisos "Julia" y "Ampliación Julia"

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

MINERALES ENERGETICOS (continuación)

Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
39	X: 277.250 Y: 4587.125 Z: 100 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Labores inactivas sobre el pa- quete ¿3º?. Permiso "Susa- na, 2ª"
40	X: 279.450 Y: 4587.150 Z: 230 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Socavones inactivos sobre el paquete ¿2º? Permisos "Ju- lia" y "Ampliación Julia"
41 (27,28)	X: 275.875 Y: 4586.750 Z: 180 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo de labores inactivas (so- cavones y pozo plano) sobre los paquetes ¿2º y 3º? Permiso "Lolita"
42 (21)	X: 277.025 Y: 4586.800 Z: 100 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo de socavones inactivos sobre el paquete ¿3º? Permi- so "aumento a Guadalupe"
43	X: 276.875 Y: 4586.575 Z: 110 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Antigua labore inactiva sobre paquete ¿3º?. Permiso "aumento a Guadalupe"
44	X: 277.100 Y: 4586.475 Z: 100 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Antigua labore inactiva sobre paquete ¿2º?. Permiso "aumento a Guadalupe"
45	X: 275.850 Y: 4586.350 Z: 70 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentana- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo de labores inactivas sobre paquete ¿2º?. Permiso "Ramona"
46 (29)	X: 276.450 Y: 4586.350 Z: 80 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Labor inactiva sobre el paquete ¿3º? Permiso "Susana"

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

MINERALES ENERGETICOS (continuación)						
Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
47 (30)	X: 276.650 Y: 4586.300 Z: 110 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Labor inactiva (pozo) sobre el paquete ¿3º?. "Mina Federico" Permiso "Susana"
48	X: 276.275 Y: 4585.900 Z: 80 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Labor inactiva sobre el paquete ¿3º?. ¿Permiso "Paca"?
49	X: 276.250 Y: 4585.450 Z: 100 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Antiguos socavones inactivos sobre el paquete ¿3º? ¿Per- miso "Paca"?
50	X: 278.800 Y: 4585.500 Z: 200 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo de labores inactivas sobre el paquete ¿1º y 2º?. Permiso "Nra. Sra. de Montserrat"
51	X: 281.941 Y: 4585.600 Z: 377 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Determinado por la interse- cción del sondeo PM-6 (1982) sobre los subpaquetes 1º,00 (35 cm), 1º,22; 2º,00 (42 + 18 + 42 + 23 cm), 3º,00 (93 cm + 27 cm), 3º,21 (25 + 27 cm), 4º,00 (30 cm), 4º,22 (23 cm) y 5º,12 (16 cm)
52	X: 284.900 Y: 4584.950 Z: 320 m	Lignito (U, Th)	Serós (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Determinado por la intersección del sondeo U-8 (1975) en los subpaquetes. 2º,00; 3º,00; 3º,21; 3º,22 y 4º,11, con potencias centimétricas signifi- cativas (y no bien registradas)
53	X: 286.305 Y: 4585.155 Z: 288,0 m	Lignito (U, Th)	Serós (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Determinado por el sondeo PM-3 (1982) al intersectar los subpaquetes 3º,00 (25 cm) y 3º,22 (28 + 20 cm)
54 (32)	X: 274.450 Y: 4584.825 Z: 130 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo de labores inactivas, presumiblemente sobre el paquete ¿2º?. Permiso "Virgen del Pilar"

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

MINERALES ENERGETICOS (continuación)						
Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
55 (33)	X: 274.800 Y: 4584.975 Z: 90 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo de labores inactivas bajo la báscula municipal y presumiblemente semiminunda- das. Sobre el paquete ¿2º? Permiso "Virgen del Rosario"
56	X: 276.150 Y: 4584.950 Z: 120 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Antiguos registros sobre niveles aflorantes del paquete ¿2º?. Permiso "Ampliación a Paca"
57	X: 277.200 Y: 4584.800 Z: 140 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo de labores inactivas sobre el paquete ¿2º?. Permi- so "Carmen"
58 (31)	X: 278.375 Y: 4584.675 Z: 200 m	Lignito (U, Th)	Granja d'Escarp (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo labores activas de UME- SA "cooperativa" sobre el pa- quete ¿2º? Permiso "Benzola"
59	X: 275.700 Y: 4584.675 Z: 80 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Antiguos registros sobre nivel aflorantes del paquete ¿3º?. Permiso "Elisa"
60	X: 275.600 Y: 4584.400 Z: 90 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Antigua labor inactiva sobre nivel del paquete ¿3º? Permi- so "Elisa"
61 (36, 37)	X: 274.225 Y: 4584.200 Z: 110 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Antigua labor inactiva sobre nivel del paquete ¿3º?. Permi- so "Elisa"
62	X: 275.400 Y: 4584.125 Z: 120 m	Lignito (U, Th)	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito negro (y quelatos de U y Th)	Grupo de labores inactivas sobre el paquete ¿3º?. Permi- so "Elisa"

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

Existen un total de 26 puntos de agua inventariados en la hoja (4 manantiales, 16 pozos y 6 sondeos) cuya distribución por octantes es la siguiente:

OCTANTE	Nº DE PUNTOS			TOTAL
	MANANTIALES	POZOS	SONDEOS	
1	2	—	1	3
2	1	4	5	10
3	1	4	—	5
4	—	7	—	7
7	—	1	—	1
TOTAL	4	16	6	26

5.2.1. Climatología

La red de control instalada por el Instituto Nacional de Meteorología dentro del área consta de cuatro estaciones (una pluviométrica y tres termopluviométricas).

La precipitación media anual se sitúa entre los 300 y 400 mm, siendo la primavera y el otoño las épocas más lluviosas.

La temperatura media anual es de 14-16°C. La temperatura media del mes más frío (enero) es de 4-6°C y la del mes más caluroso (agosto) es de 24-26°C.

La evapotranspiración potencial calculada según el método de Thornthwaite da valores de 900 a 950 mm anuales. Los déficits son muy acusados, sobre todo en la época estival.

El clima de la hoja de Mequinenza según la clasificación de J. PAPADAKIS es de tipo Mediterráneo Continental Templado, con un invierno tipo Avena fresco y un verano tipo Arroz. En cuanto al régimen de humedad, queda definido como Mediterráneo seco.

5.2.2. Hidrología

La hoja está surcada por las corrientes de tres grandes ríos: Ebro, Segre y Cinca. Las tributaciones se realizan primero del Cinca al Segre y posteriormente de ambas al Ebro por lo que el caudal de éste queda aumentado con gran parte del drenaje del Pirineo Central.

El Ebro efectúa su recorrido por la hoja fuertemente encajado; este encajamiento ha sido aprovechado para la construcción de la Presa de Mequinenza. Por el contrario el Cinca y el Segre entran en la hoja con cauces abiertos para acabar encajándose después de unirse.

Toda la hoja está incluida en la cuenca del Ebro pudiéndose distinguir varias subcuencas. Según la clasificación decimal de ríos del MOPU (1966) se pueden diferenciar cuatro zonas:

el sector occidental y meridional vierte directamente al Ebro, el cuadrante nororiental vierte al Segre, el sector central-septentrional vierte al Cinca y la zona central de la hoja vierte al cauce resultante de la unión de los dos anteriores.

La Confederación Hidrográfica del Ebro tiene instaladas dos estaciones de aforo a las que denomina con los números 25 y 29. La primera de ellas registra el caudal del río Segre a su paso por Serós y pertenece a la red de calidad. La superficie de la cuenca que se recoge en este punto es de 12782 km² y el caudal medio anual, calculado durante un período de 31 años, es de 101'4 m³/sg. La estación nº 29 se sitúa aguas abajo del embalse de Mequinenza y controla las salidas del mismo, cuyo caudal medio es de 302 m³/sg calculado durante un período de 12 años. La cuenca de recepción de la estación y, por lo tanto, del embalse, es de 57444 km². La capacidad total de embalse se eleva a 1530 Hm³.

Los ríos Cinca y Segre tienen un marcado carácter alóctono y mantienen caudal a lo largo del año. Esto contrasta con el resto de cauces superficiales presentes en la zona en los que sólo existe circulación de agua durante algunas épocas del año.

Con respecto a la infraestructura hidráulica hay que señalar la existencia de numerosos canales y acequias que se concentran en las proximidades de los ríos Cinca y Segre. Destaca el Canal de Aragón y Cataluña cuyo recorrido finaliza en el río Segre, muy cerca de su confluencia en el Cinca.

5.2.3. Características hidrogeológicas

La única formación acuífera definida en la hoja corresponde a los depósitos aluviales asociados a los ríos Cinca y Segre. Se consideran también de cierto interés, aunque mucho más restringido, el resto de materiales cuaternarios presentes así como las formaciones terciarias que por su litología predominante (niveles carbonatados y areniscosos) pueden albergar algún recurso hídrico subterráneo.

5.2.3.1 Depósitos aluviales de los ríos Cinca y Segre

Forman parte del sistema acuífero número 62 -"Aluvial del Ebro y afluentes"- definido por el ITGE, concretamente pertenecen a las unidades denominadas "Bajo Cinca" y "Bajo Segre".

El acuífero está constituido por la llanura de inundación (nivel 28 del mapa geológico) y los diferentes niveles de terrazas interconectados entre sí (niveles 21, 22, 23 y 24). El espesor habitual de las terrazas oscila entre 2 y 4 m. Su litología característica es de gravas y cantos en una matriz limo-arcillosa.

La transmisividad toma valores entre 100 y 500 m²/día.

El sentido de flujo subterráneo tiene dos componentes principales, una hacia el río y otra paralela al mismo. el gradiente estimado es de 0'1-0'2‰.

Existen 5 puntos de agua que pertenecen a la red piezométrica: 3116-3-0001, 3116-4-0001, 3116-4-0003, 3116-4-0004 y 3116-7-0001. La evolución de los niveles demuestra la influencia que tienen los retornos de regadío sobre la superficie piezométrica, ya que ésta presenta sus valores más altos en la época estival. Los puntos 3116-3-0004 y 3116-7-0001 pertenecen a la red de calidad.

La recarga del acuífero se produce por infiltración de la precipitación, retorno de regadíos, afluentes laterales al llegar a los materiales permeables y de los propios ríos Cinca y Segre en épocas de avenida. La descarga natural se realiza hacia los ríos.

Según los datos obtenidos en el PIAS, la extensión total del acuífero del “Bajo Cinca” es de 70 km² con unos recursos de 30 Hm³/año y unas reservas de 42 Hm³. La extensión total del acuífero del “Bajo Segre” es de 110 km² con unos recursos de 48 Hm³/año y unas reservas de 55 Hm³.

Los puntos de agua relacionados con este acuífero son en total 11, de los cuales 10 son pozos excavados y 1 manantial.

5.2.3.2. *Otros depósitos cuaternarios*

Entre estos depósitos se encuentran aquellos relacionados con piedemontes, conos de deyección, coluviones, glaciés y fondos de valle.

Las litologías dominantes son gravas y cantos, englobados en proporciones variables de arenas, limos y arcillas.

En general tienen espesores pequeños y una extensión superficial reducida por lo que tienen unos recursos hídricos muy limitados y son capaces de atender tan sólo demandas pequeñas muy puntuales.

5.2.3.3. *Materiales terciarios*

Los depósitos terciarios presentes en la hoja son de permeabilidad baja o muy baja. Se han diferenciado dos grupos fundamentalmente:

- Materiales impermeables o de permeabilidad muy baja: está formado por las unidades 1, 4, 5, 8, 11, 12, 13, 15 y 16 en las que existe un predominio muy claro de materiales limosos y arcillosos.
- Materiales de permeabilidad baja: está constituido por las unidades 2, 3, 6, 7, 9, 10 y 14. En las unidades 2, 3 y 7 existe un mayor contenido en areniscas en forma de paleocanales o capas intercaladas que posibilitan la existencia de zonas con mayor interés hidrogeológico dentro de estas unidades aunque de forma muy localizada. En las unidades 6, 9, 10 y 14 existe un mayor contenido en capas de calizas que pueden originar también la existencia de sectores con ciertos recursos aunque reducidos.

El funcionamiento hidrogeológico de los materiales terciarios continentales todavía no es bien conocido. Existen hipótesis que los consideran en su conjunto como un medio homogéneo de baja permeabilidad. Otras apuntan hacia su comportamiento como un acuífero multicapa superficial.

En cualquier caso son evidentes sus pobres características hidrogeológicas globales. La alternancia de horizontes de cierta permeabilidad con capas prácticamente impermeables implica una marcada anisotropía de este parámetro en vertical. El nivel piezométrico se sitúa próximo a la superficie topográfica y adaptado a la misma.

5.2.4. Hidrogeoquímica

La facies hidroquímica predominante es la sulfatada cálcica.

Las formaciones terciarias albergan aguas muy mineralizadas. Las aguas presentes en los depósitos cuaternarios tienen menor mineralización aunque también es alta y suele variar ostensiblemente según la época del año.

Es destacable la variación del contenido en nitratos en los puntos muestreados periódicamente. Estos puntos se sitúan sobre los depósitos cuaternarios y reflejan la mayor o menor utilización de abonos según la época del año.

5.3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES

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

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

AREA I

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

Dentro de este área se pueden distinguir las siguientes zonas:

Zona I,

A ella pertenecen las unidades cartográficas: (1), (4), (6), (9), (10), (12) y (14).

Está formada por calizas de aspecto tableado con algunas intercalaciones de margas, areniscas y niveles de lignito. Se disponen subhorizontalmente y con una estratificación homogénea. Dan lugar a las mayores pendientes de la zona.

Esta formación no es ripable. El drenaje superficial es de tipo medio, debido a la pendiente, generalmente elevada, que posee el terreno. La permeabilidad diferencial entre calizas y margas puede ser causa de pequeños manantiales. Posibles desprendimiento de bloques, por descalce de los niveles margosos subyacentes.

Zona I₂

A ella pertenecen las unidades cartográficas: (2), (5), (7), (8), (13), (15) y (16).

Está formada por una alternancia de lutitas y areniscas con niveles esporádicos de caliza. Se disponen en capas subhorizontales de pendientes suaves.

Es una formación ripable, que posee un mal drenaje superficial y profundo, con riesgos de encharcamiento. Capacidad de carga moderada entre media y baja.

Zona I₃

A ella pertenecen las unidades cartográficas: (3) y (11).

Está formada por lutitas con intercalaciones de areniscas y calizas, con yeso nodular disperso en la masa arcillosa.

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

Posee un mal drenaje profundo por la impermeabilidad de los tramos lutíticos, con riesgos de encharcamiento en zonas con topografía suave. La presencia de yeso puede aumentar la agresividad a los hormigones.

AREA II

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

Se han distinguido las siguientes zonas:

Zona II₁

Está formada por las unidades cartográficas: (17), (18) y (19).

Está constituida por gravas y cantos con matriz limo-arcillosa.

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

Los taludes son bastante inestables por su fácil erosionabilidad.

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

Zona II₂

Está formada por las unidades cartográficas: (20), (21), (22), (23) y (24).

Está constituida por gravas con matriz limo-arenosa. Presentan morfología de terraza.

Es una formación ripable y sus 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 filtración.

Zona II₃

Está formada por las unidades cartográficas: (25), (26) y (27).

Está constituida por cantos con matriz limo-arcillosa.

La ripabilidad de estos depósitos es alta y la permeabilidad del conjunto es de media a alta y no presenta problemas de drenaje.

Los taludes naturales son por lo general bajos.

Zona II₄

Está formada por las unidades cartográficas (28) y (29).

Está constituida por arenas, limos, arcillas y gravas. Estos depósitos rellenan pequeños cauces fluviales y son, por lo general, poco potentes.

Presenta unas características geotécnicas semejantes a las de la zona II₃ (descrita anteriormente).

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

AREAS	ZONAS	UNIDADES CARTOG.	LITOLOGIA	ESTRUCTURA	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
I	I ₁	(1), (4), (6), (9), (10) (12) y (14)	Calizas de aspecto tabeado con margas, areniscas y niveles de lignito	Disposición subhorizontal, con pendientes pronunciadas	Formación no ripable. Drenaje superficial de tipo medio. Drespndimiento de bloques
	I ₂	(2), (5), (7), (8), (13), (15) y (16)	Lutitas y areniscas con algunos niveles de caliza	Disposición subhorizontal	Formación ripable. Mal drenaje superficial y profundo. Capacidad de carga entre media y baja.
	I ₃	(3), (11)	Lutitas, areniscas y calizas con yeso nodular	Disposición subhorizontal con pendientes suaves	Alta ripabilidad. Mal drenaje profundo. La presencia de yeso puede aumentar la agresividad a los hormigones.
II	II ₁	(17), (18) y (19)	Gravas y cantos con matriz limo-arcillosa	Tipo Glacis	Ripabilidad elevada. Permeabilidad muy baja. Taludes naturales inestables
	II ₂	(20), (21), (22), (23) y (24)	Gravas con matriz limo-arenosa	Morfología de terrazas	Formación ripable. Materiales aptos para la obtención de gravas y préstamos. Taludes naturales subverticales. Materiales permeables. Drenaje por filtración.
	II ₃	(25), (26) y (27)	Cantos con matriz limo-arcillosa	Coluviales	Ripabilidad elevada. Permeabilidad de media a alta. No presenta problemas de drenaje. Taludes naturales bajos
	II ₄	(28) y (29)	Arenas, limos, arcillas y gravas	Relleno de pequeños cauces fluviales	Ripabilidad elevada. Permeabilidad de media a alta. No presenta problemas de drenaje.

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

La hoja de Mequinenza se sitúa en el sector central de la Cuenca del Ebro.

Orográficamente se caracteriza por la presencia de relieves medios y un fuerte encajamiento del río Ebro.

Teniendo en cuenta estas características generales de la hoja, además de un conocimiento más amplio de su geología por parte de los técnicos que han participado en su elaboración, se ha establecido una selección de posibles P.I.G., siempre usando un método directo de subjetividad aceptado por todos (CLAVER *et al.*, 1984).

Resultado de esta selección se han obtenido un total de 7 P.I.G., con un interés variado: estratigráfico, geomorfológico, tectónico, etc., cuya utilización principal es de tipo científico y divulgativo en un ámbito local o regional.

Posteriormente y usando el mismo método de subjetividad se escogieron 3 de los 7 P.I.G. iniciales considerando que eran los que mejor representaban los procesos geológicos acaecidos de la hoja.

P.I.G. n° 1

Panorámica y aspecto general de los depósitos de la Formación Calizas de Mequinenza. El techo del rellano que aparece al lado del embalse representa el límite superior de la Unidad Fayón-Fraga. El nivel situado en la base del castillo de Mequinenza marca el techo de la unidad Mequinenza-Ballobar. Los afloramientos del fondo pertenecen a las calizas de la unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca.

P.I.G. n° 2

Pliegue local afectando a calizas miocenas. Asociado a los materiales evaporíticos que se incluyen con frecuencia en los tramos detríticos se observa la presencia de deformaciones de tipo diapírico que afectan a las tablas de carbonatos suprayacentes.

El interés que presentan estas deformaciones radica por una parte en su orientación SE a SSE, que coincide con la que presentan tramos importantes del trazado de los valles adyacentes.

P.I.G. n° 3

Deformaciones locales asociadas a fallas. En un área situada en el extremo occidental de la hoja se observan capas de calizas de la unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca. con buzamientos de 60° al oeste. Estas deformaciones se interpretan en relación con fallas que tienen su principal reflejo morfológico en la distribución de la red de drenaje. La red de drenaje, en la parte más occidental de la hoja, tiene numerosos tramos rectilíneos con orienta-

ciones preferentes NO-SE, NNE-SSO y E-O, que suponen bruscos cambios en su trazado y que parecen estar condicionados por la fracturación de materiales terciarios.

7. GEOFISICA Y SONDEOS

Las campañas de exploración geofísica, de diversa índole, desarrolladas en las últimas décadas en la zona que ocupa la hoja de Mequinenza, han aportado una variada documentación sobre la geología del subsuelo.

Se dispone, desde los datos de litología y estratigrafía aportados por los testigos y diagráfi-as del sondeo FRAGA-1, hasta la estructura y disposición de los materiales del Mesozoico, facilitadas por las líneas sísmicas obtenidas en las campañas HL y CA.

La información gravimétrica corresponde a una campaña desarrollada por ENPASA en 1962 en la que el dispositivo consistió en una malla de 4 estaciones por km². La tendencia estructural de la zona que ocupa la hoja no permite apreciar anomalías importantes en los mapas gravimétricos.

No es ese el caso de las Campañas de Sondeos Electromagnéticos, en la modalidad del Dominio de Tiempos (SEDT), llevadas a cabo durante los años 1990 y 1991 en la parte septentrional de la hoja.

La alta densidad de SEDT, aun siendo la zona investigada pequeña, aporta gran información sobre las características de las unidades litológicas del Terciario y su disposición espacial.

CUADRO RESUMEN DE LA INFORMACION GEOFISICA	
SONDEOS	FRAGA-1
LINEAS SISMICAS	CA-1 Sur, HL-35, SO, HL-13, HL-15
GRAVIMETRIA	4 estaciones/km ² (1962)
SEDT	PEM-9 (1990), PEM-10 (1991)

8. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTÍ, J.; ANADÓN, P.; ARBIOL, S.; CABRERA, L.; COLOMBO, F. y SÁEZ, A. (1987). Biostratigraphical characteristics of the Oligocene sequences of North-Eastern Spain (Ebro and Campins Basins). *Münchner Geowiss, Abh, (A)*, 10, 35-42, 2 figs.
- AGUSTÍ, J.; CABRERA, L., 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, 5 fig. Berlin-Stuttgart.
- 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, L.; COLOMBO, F.; MARZO, M. y RIBA, O. (1986). Syntectonic intradeformational unconformities in alluvial fan deposits. Eastern Ebro Basin margins (NE Spain). *En: P. H. Allen and P. Homewood (eds.). Foreland basins. Spec. Publ. I.A.S.,* 8, pp. 259-271.
- ANADÓN, P.; COLOMBO, F.; ESTEBAN, M.; MARZO, M.; ROBLES, S.; SANTANACH, P. y SOLÉ SUGRAÑES, L. (1979). Evolución tectonoestratigráfica de los Catalánides. *Acta Geol. Hispánica.* 14: 242-270.
- 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.
- ANADÓN, P.; CABRERA, LL.; COLLDEFORNIS, B. y SÁEZ, A. (1989). Los Sistemas Lacustres del Eoceno Superior y Oligoceno del sector oriental de la Cuenca del Ebro. *Acta geológica Hispánica.* v. 24, nº 3-4. pp. 205-230.
- 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
- AZANAZA, 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. Inédito.
- CABRERA, LL. y COLOMBO, F. (1986). Las secuencias de abanicos aluviales paleógenos del Montsant y su tránsito a sucesiones lacustres someras (Sistemas de Scala Dei y de Los Monegros, sector SE de la Cuenca del Ebro). *En: P. Anadón y Ll. Cabrera, eds. Guía de las excursiones del XI Congreso Español de Sedimentología.* Exc. n. 7, 53 p.

- 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. Madrid, 572 p.
- COLOMBO, F. (1980). *Estratigrafía y sedimentología del Terciario inferior continental de los Catalánides*. Tesis doctoral. Univ. de Barcelona. 608 p. Inédito.
- CRUSAFONT, M. y TRUYOLS, J. (1964). Les Mammifères fossiles dans la stratigraphie du Paléogène continental du Basin de l'Ebre (Espagne). Coll. Sur le Paléogène (Bordeux, 1969). *Mém. B. R. G. M.*, 28, pp. 735-740.
- 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 (1975-1976). Area lignítfera y uranífera de Mequinenza. III volúmenes, (inédito).
- 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). *Mém. Suiss. Paleontol.* 90: 70 p. Basilea.
- FREYET, P. y PLAZIAT, J.C. (1982). Continental Carbonate Sedimentation and Pedogenesis -Late Cretaceous and Early Tertiary of Southern France. *Contributions to Sedimentology*, 12. Füchtbauer H., Lisitzyn, A., Milliman, J.D., Seibold, E., Eds. Stuttgart, 1982.
- 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. Publ., Int. Ass. Sediment*, 8, pp.247-258.
- I.E.A.-D.P.H. (1989). Impacto hidrológico e hidroquímico de los futuros regadíos de Monegros II en los sectores pertenecientes a la provincia de Huesca. Inédito.

- IGME (1975). Estudio geológico y minero del área lignitífera de Calaf (inédito).
- IGME (1975). Proyecto de investigación de radioactivos del área lignitífera y uranífera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1976). Área lignitífera y uranífera de Mequinenza (Lérida-Tarragona, Huesca y Zaragoza) (inédito).
- IGME (1981). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario de Pamplona-Zaragoza (inédito).
- IGME (1981). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario del sector de Benabarre-Igualada (inédito).
- IGME (1985). Prospección previa de lignitos en el área de Pinós-Molsosa (Lérida-Barcelona) (inédito).
- IGME (1986). Prospección previa de lignitos en el área de Bages-Moianes (Barcelona) (inédito).
- IGME (1987). Síntesis Geológico-Minera de los carbones del noreste peninsular (inédito).
- J.E.N. (1977a). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- J.E.N. (1977b). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferas de la zona de Solsona-Olot (inédito).
- J.E.N. (1979-81). Estudio estratigráfico y sedimentológico del borde meridional de la Depresión del Ebro entre Alcañiz y Borges Blanques (Provincias de Teruel, Zaragoza, Lérida y Tarragona) (inédito).
- MEIN, P. (1975). Report on Activity. *RCMNS Working groups*. Bratislava, pp. 78-81.
- M.O.P.U. (1966). Clasificación decimal de ríos. Cuenca del Ebro.
- M.O.P.U.-C.S.I.C. (1989). Evaluación preliminar del impacto ambiental de los regadíos en el polígono Monegros II. Estudio Hidrológico. Inédito.
- 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). In: A. Pérez, A. Muñoz y J.A. Sanchez (eds.). *Sistemas lacustres neógenos del margen ibérico de la Cuenca del Ebro. Guía Campo III. Reunión Grupo Español 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. Publ., Int. Ass. Sediment*, 8, pp. 319-336.
- QUIRANTES, J. (1969). *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros*. Tesis Doctoral. Univ. Granada. Pub. por *Institución "Fernando El Católico" (CSIC)*, Diputación Provincial de Zaragoza, 1978. 200 p.
- RIBA, O. (1955). El Terciario continental de la Rioja alta y de la Bureba. Informe nº 97, CIEP-SA (inédito).
- RIBA, O. (1961). Geological Report on the Continental Tertiary of the Western Ebro Basin and Neighbouring Basins. Report CV-131, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1967). Resultado de un estudio sobre el Terciario continental de la parte este de la depresión central catalana. *Acta Geológica Hispánica*, nº 1 pp. 1-6.
- RIBA, O. (1976). Tectogenèse et sédimentation: deux modèles de discordances syntectoniques pyrénéennes. *Bulletin du B.R.G.M. (2ª Serie)*. Section 1, nº 4. pp. 383-401, 12 figs.
- RIBA, O.; REGUANT, S. y VILLENA, J. (1983). Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca del Ebro. *Libro Jubilar J.Mª Ríos. Geología de España*, IGME, T. 2, pp. 131-159.
- SCHMIDT-KITTLER, N. (1987). European reference levels and correlation tables. En: N. Schmidt-Kittler (ed.), *International Symposium on Mammalian Biostratigraphy and Paleoecology of the European Paleogene*. Mainz. *Münchner. Geowiss. Abh. (A)*, 10, pp.15-19.
- 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.
- TRUYOLS, J. y CRUSAFONT, M. (1961). Consideraciones sobre la edad del yacimiento de vertebrados de Tárrega. *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, 61: 99-108.

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



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA