



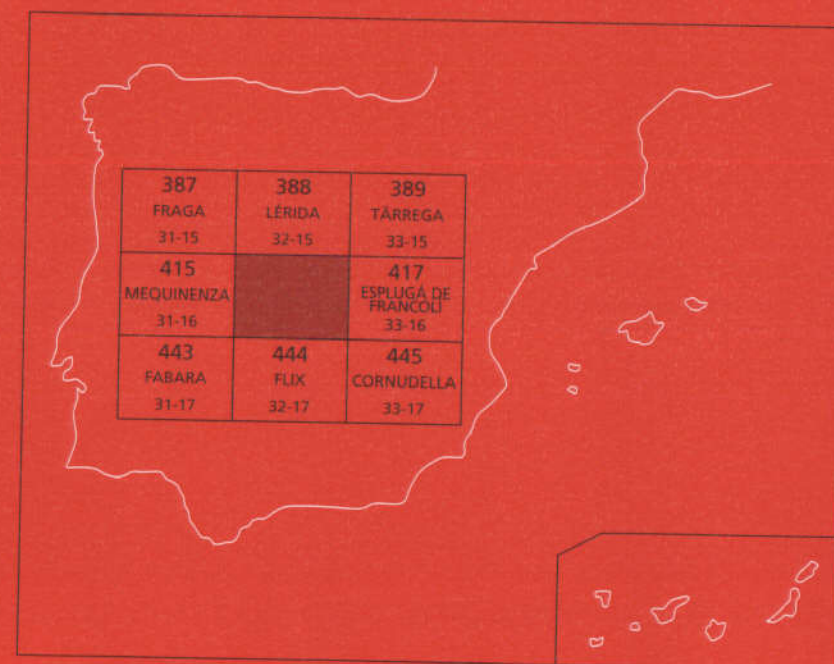
Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

416  
32-16

## MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



# MAYALS



Ministerio de Medio Ambiente

# MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

# MAYALS

© INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M-25.325-1997

ISBN: 84-7840-302-7

NIPO: 241-96-007-6

Fotocomposición: Cartografía Madrid, S. A.

Impresión: Hispagraphis, S. A.

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Maials (416) han sido realizados, durante 1991 y 1992 por la Compañía General de Sondeos S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

**Mapa Geológico:** B. Colldeforns (CGS)

**Mapa Geomorfológico:** B. Colldeforns (CGS)

**Memoria\*:**

Estratigrafía: B. Colldeforns (CGS)

Geomorfología: . Colldeforns (CGS)

Tectónica: J. J. Navarro (CGS)

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

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 (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 .....	12
1.1.1. Unidad Casteldans .....	12
1.1.1.1. Lutitas rojizas y areniscas (1). (Chattiense) .....	14
1.1.1.2. Conglomerados (2). (Chattiense) .....	17
1.1.1.3. Paleocanales de areniscas (3). (Chattiense) .....	17
1.1.1.4. Calizas (4). (Chattiense) .....	18
1.1.2. Unidad Alfes-Ribarroja .....	19
1.1.2.1. Conglomerados (5). (Chattiense) .....	19
1.1.2.2. Lutitas rojas y areniscas (6). (Chattiense) .....	20
1.1.2.3. Lutitas ocre y grises y areniscas (7). (Chattiense) .....	20
1.1.2.4. Paleocanales de areniscas (8). (Chattiense) .....	21
1.1.2.5. Calizas bioturbadas. (9). (Chattiense) .....	22
1.1.3. Unidad Fayón-Fraga .....	22
1.1.3.1. Conglomerados. (10). (Chattiense) .....	24
1.1.3.2. Alternancia de lutitas ocre, localmente grises y areniscas. (11). (Chattiense) .....	25
1.1.3.3. Paleocanales de areniscas. (12). (Chattiense) .....	25
1.1.3.4. Calizas. (13). (Chattiense) .....	26
1.1.4. Unidad Mequinenza-Ballobar .....	26
1.1.4.1. Conglomerados. (14). (Chattiense) .....	27
1.1.4.2. Lutitas rojizas y cuerpos aislados arenosos y carbonatados. (15). (Chattiense) .....	29
1.1.4.3. Paleocanales de areniscas. (16). (Chattiense) .....	29
1.1.4.4. Calizas tableadas. (17). (Chattiense) .....	30
1.2. CUATERNARIO .....	30

1.2.1. Gravas con matriz limo arenosa. Terrazas (19, 20, y 21). Pleistoceno..	30
1.2.2. Cantos con matriz limo-arcillosa. Coluviones (27). Limos y arcillas con cantos. Depósitos aluvial-coluvial (26). Holoceno.....	31
1.2.3. Arenas, limos y arcillas con cantos. Fondos de valle y aluviales (24 y 25). Holoceno.....	31
1.2.4. Cantos calizos en matriz arcillo-margosa. Depósitos ligados a superficies estructurales (18). Pleistoceno-Holoceno .....	31
1.2.5. Limos y arcillas. Depósitos lacustre-palustres ( 23). Holoceno.....	32
2. TECTONICA.....	32
2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL .....	32
2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA .....	33
2.3. EVOLUCION TECTONICA.....	34
2.4. NEOTECTONICA.....	35
3. GEOMORFOLOGIA.....	36
3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA.....	36
3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO .....	37
3.2.1. Estudio morfoestructural.....	37
3.2.2. Estudio del modelado .....	38
3.2.2.1. Laderas .....	38
3.2.2.2. Formas fluviales.....	38
3.2.2.3. Formas lacustres.....	39
3.2.2.4. Formas poligénicas.....	39
3.2.2.5. Formas antrópicas.....	40
3.2.3. Formaciones superficiales .....	40
3.4. EVOLUCION DINAMICA .....	40
3.5. MORFOLOGIA ACTUAL Y SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS .....	41
4. HISTORIA GEOLOGICA.....	42
5. GEOLOGIA ECONOMICA .....	43
5.1. RECURSOS MINERALES .....	43
5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos .....	43
5.1.2. Minerales energéticos .....	44
5.1.3. Rocas industriales.....	44
5.2. HIDROGEOLOGIA.....	44
5.2.1. Climatología .....	47
5.2.2. Hidrología.....	47
5.2.3. Características hidrogeológicas.....	47
5.2.3.1. Depósitos aluviales del río Segre.....	47
5.2.3.2. Otros depósitos cuaternarios.....	48
5.2.3.3. Materiales terciarios .....	48
5.2.4. Hidrogeoquímica.....	48
5.3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES.....	49

6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.)..	51
7. GEOFISICA Y SONDEOS .....	53
8. BIBLIOGRAFIA .....	54

## 0. INTRODUCCION

El territorio que comprende la hoja de Maials (416) del Mapa topográfico a E. 1:50.000, se sitúa en el borde suroriental de la Cuenca del Ebro; está comprendido entre los paralelos 41°20'04" y 41°30'04" y los meridianos 0°28'49" y 0°48'49" referidos al meridiano de Greenwich. Administrativamente el área ocupada por la hoja comparte su superficie entre las provincias de Lleida y Tarragona.

Geográficamente pertenece a la comarca de Les Garrigues, que está limitada por la partición de aguas entre el río Segre (Segrià), el Ebro (Ribera y Priorat) y el Francolí (Conca de Barberà). La mayor parte de la superficie de la comarca está ocupada por un relieve en cuesta, que finaliza en el sector meridional con los relieves conglomeráticos de mayor altitud: Sierra de la Llena con 1.023 m y la Sierra del Montsant que alcanza los 1.166 m de altitud en la Roca Corbatera.

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, arzones, carrasquillas y pino blanco.

La economía de la región es fundamentalmente agrícola. Consiste en el cultivo de cereales, 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 23 términos municipales comparten la superficie de la hoja de Maials, de los que solamente 15 tienen la capital del Municipio dentro de la hoja. Las más importantes son las de Maials con 1.551 habitantes, Castellldans con 1.156 y Granadella con 1.089.

Desde el punto de vista geológico, los terrenos aflorantes pertenecen al Terciario continental y son exclusivamente de edad oligocena y, en menor proporción, existen materiales de edad cuaternaria, que recubren a los anteriormente citados.

Los sedimentos terciarios presentan una composición variada, que incluye rocas de origen detrítico, químico y orgánico; su distribución está controlada por el desarrollo de abanicos aluviales que se desarrollaron durante el Oligoceno al pie de la Sierra Prelitoral (Montsant-Prades). Las ruditas y arenitas predominan en el sector SE de la hoja (Juncosa-Pobla de la Granadella) y van perdiendo importancia hacia el NO, en dirección a Lleida, donde alternan con lutitas y calizas. La zona de Cogull, Alcanó, Alfés y Aspa se caracteriza por la presencia de paleocanales. Las rocas carbonatadas se depositan en zonas restringidas lacustres o palustres, relacionadas con la precipitación físico-química; frecuentemente presentan restos de fósiles (gasterópodos, carófitas, etc.).

La distribución de facies carbonatadas es muy irregular en toda la hoja, por lo general, afloran en extensas plataformas que se extienden entre Alcanó, Sarroca y Casteldans.

También se presentan algunos niveles de rocas organógenas intercalados entre areniscas y facies carbonatadas, frecuentemente presentan fósiles bien conservados (*Limnea*, *Planorbis*, *Galba*, etc.). Estas intercalaciones de lignitos son abundantes en la zona próxima al río Ebro, en la hoja vecina de Mequinenza (415), donde hay diversas explotaciones mineras.

Los sedimentos de edad cuaternaria son variados aunque no tienen un gran desarrollo superficial. Los materiales más abundantes consisten en los depósitos de terraza y los sedimentos de llanura de inundación de los ríos Segre y Vall Major, así como distintos tipos de depósitos aluviales de fondo de "vale", o valles de fondo plano, y coluviales.

La distribución de facies anteriormente descrita es la que condiciona la geomorfología general de la hoja. Existen dos sectores claramente diferenciados, el sector noroccidental caracterizado por una disposición subhorizontal y constituido por una alternancia de términos arcillo-margosos (fácilmente erosionables) y niveles carbonatados y areniscosos (más resistentes) que dan origen a superficies estructurales que adoptan disposición en graderío. El sector suroriental, orográficamente más alto, está dominado por una serie monoclinial donde predominan paquetes conglomeráticos y areniscosos. La incisión de la red fluvial produce escarpes estructurales en estas zonas.

La actividad tectónica ha afectado de forma muy tenue a estos materiales. Existe un ligero buzamiento ( $4^\circ$  de promedio) generalizado hacia el NO que se corresponde con el basculamiento regional observado en las hojas vecinas. Cabe destacar que se han observado dos sistemas de diclasas-fracturas que, a grandes rasgos, poseen una orientación NNE-SSO y E-O.

El área cartografiada se encuentra situada en el sector suroriental de la Cuenca del Ebro. Esta cuenca de antepaís está relacionada con la evolución del orógeno pirenaico (PUIGDEFABREGAS *et al.*, 1986), actuando, en este área, como el centro de depósito de los materiales continentales procedentes del desmantelamiento de las cordilleras circundantes: principalmente

del Pirineo, situado al norte, pero también de Los Catalánides, situados en el SE y de la Cordillera Ibérica al SO.

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 Maials, se han levantado un total de 15 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 los estudio petrográfico y de micromamíferos y para la realización de levigados.

## 1. ESTRATIGRAFIA

Los materiales terciarios que afloran en la hoja de Maials son depósitos sedimentarios continentales, de ambientes aluviales, fluviales y lacustres, y edad Oligoceno superior. Se han diferenciado diecisiete unidades litoestratigráficas, que corresponden a litofacies sedimentarias, con transcendencia en la representación cartográfica.

La descripción de las unidades litoestratigráficas diferenciadas se ha efectuado a partir de los datos obtenidos en el campo y observaciones proporcionadas por trabajos realizados anteriormente (véanse los antecedentes bibliográficos). Para realizar el estudio estratigráfico se ha prestado gran atención a las relaciones cartográficas entre los distintos litosomas y además se ha procurado coordinar las diferentes divisiones con las establecidas en las hojas vecinas de Lleida, Fraga, Mequinenza y Tàrrrega principalmente, al objeto de establecer correlaciones de valor regional.

Los estratos de mayor potencia y de granulometría más gruesa se encuentran en el cuadrante SE de la hoja, que se corresponden con la Fm. de Conglomerados y areniscas de Margalef, COLOMBO (1980). Hacia el norte y noroeste desaparecen los conglomerados siendo sustituidos por niveles de lutitas y areniscas, agrupadas en la Fm. Lutitas y areniscas de Fraga, CABRERA (1983), que hacia el oeste pasa lateralmente a la Fm. Lutitas y calizas de la Granja d' Escarp, CABRERA (op. cit.). La sedimentación detrítica grosera seguramente corresponde a la progradación de un gran lóbulo aluvial, coincidiendo posiblemente con el escalonamiento de la cuenca del Ebro que condiciona en gran manera la discordancia angular ligada a la discordancia progresiva existente en el Montsant.

Esta interdigitación permite observar una ordenación vertical rítmica de los sedimentos en este sector. La base de cada ritmo corresponde a un cambio brusco de facies entre sedimentos lacustre-palustres en la parte inferior y depósitos aluviales arriba mientras que el tránsito de unos sedimentos a los superiores, dentro del propio ritmo, se produce de forma gradual.

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

Trabajando bajo este punto de vista, se han diferenciado, en la parte central de la cuenca del Ebro, un total de veinte unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendida entre el Priaboniense y el Aragoniense-Vallesiense. De todas estas tan sólo cuatro se hallan presentes en la hoja y tienen una edad Oligoceno superior (Chattiense) (ver figura 1). Estas unidades reciben, de base a techo, los nombres de: Unidad Castellldans, Unidad Alfés-Ribarroja, Unidad Fayón-Fraga y Unidad Mequinenza-Ballobar.

La correlación de estas unidades genético-sedimentarias con las unidades litoestratigráficas definidas por CABRERA (1983) y COLOMBO (1980), se puede observar en la figura 1.

Finalmente, cabe mencionar que los depósitos cuaternarios, dentro de la hoja, son de poca entidad. En la esquina NO se encuentran terrazas y depósitos aluviales del río Segre. En el resto del territorio únicamente son destacables los depósitos de fondo de valle y de coluviones de diferente extensión areal.

## 1.1. Terciario

### 1.1.1. Unidad Castellldans

Esta unidad genético-sedimentaria aflora en el sector nororiental de la hoja de Maials, donde está representada por facies conglomeráticas y areniscosas correspondientes a la parte

EDAD		UNIDADES GENETICO SEDIMENTARIAS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		DESCRIPCION DE LAS LITOLOGIAS HOJA DE MAIALS	YACIMIENTOS PALEONTOLOG.	
SERIE	PISO		Cabrera (1983)	Colombo (1980)			
OLIGOCENO	CHATTIENSE	U. MEQUINENZA-BALLOBAR	Fm. Lutitas y calizas de la Granja d'Escarp	Fm. Lutitas y areniscas de Fraga	Fm. Conglomerados y areniscas de Margalef	17. Calizas tableadas. 16. Paleocanales de areniscas. 15. Lutitas rojizas y cuerpos arenosos y carbonatados aislados. 14. Conglomerados.	– Fraga 11 (1)  – Fraga 6-7 (1)
		U. FAYON-FRAGA				13. Calizas. 12. Paleocanales de areniscas. 11. Alternancia de lutitas ocre, localmente grises y areniscas. 10. Conglomerados.	– Fraga 2-4 (1)
		U. ALFES-RIBARROJA				9. Calizas bioturbadas. 8. Paleocanales de areniscas. 7. Lutitas ocre, grises y versicoloreadas y areniscas. 6. Lutitas rojas y areniscas. 5. Conglomerados.	
		U. CASTELLDANS				4. Calizas 3. Paleocanales de areniscas. 2. Conglomerados 1. Lutitas predominantemente rojizas y areniscas	

**Fig. 1. Cuadro sintético de los materiales oligo-miocenos de la hoja de Maials  
(1) AGUSTI et al. (1988)**

media-distal de un abanico aluvial, que evolucionan hacia el NO a lutitas rojizas con intercalaciones de capas de calizas de origen lacustre-palustre.

En la figura 2 (a) está representada la distribución de facies de esta unidad en las hojas de Maials y Lleida (388), en ella puede observarse que los sedimentos detríticos de la zona norte son de procedencia pirenaica, mientras que los situados dentro de la hoja de Maials, son de procedencia catalánide. Los sedimentos lacustres-palustres se sitúan en la zona de confluencia de los dos sistemas deposicionales aluviales descritos.

La unidad ha sido reconocida detalladamente, dentro de la hoja, en las secciones estratigráficas 02.- ASPA, 03.- CASTELLDANS, 09.- COGULL, 10.- ALBAGES, 11.- L'ARANYO Y 12.- LES PLANES.

No se han encontrado datos de interés bioestratigráfico correspondientes a esta unidad. En la hoja de Cervera (390) hay datos bioestratigráficos en la Unidad Tàrrrega, que se sitúa muy por debajo, estratigráficamente, respecto a la unidad Castelldans. Esta unidad pertenecería a la biozona *Th. major* (TRUYOLS y CRUSAFONT, 1961; CRUSAFONT y TRUYOLS, 1964; ANADON *et al.*, 1987; AGUSTI *et al.*, 1987); por lo que su edad sería techo del Oligoceno inferior (Stampiense).

En la vecina hoja de Fraga (387) AGUSTI *et al.* (1988) en materiales estratigráficamente por encima de éstos reconocen parte de las biozonas de *Eomys major* y *Eomys aff. major*, definidas para el sector suroccidental de la Cuenca del Ebro y correspondientes al nivel de referencia MP-27 de Boningen (SCHMIDT-KITLER, 1987). Estas biozonas indican una edad Chattiense (Oligoceno superior), por lo que se atribuye esta edad a los materiales de la unidad Castelldans.

Esta unidad, a su vez, forma parte de la Fm. Conglomerados y areniscas de Margalef, definida por COLOMBO (1980).

Dentro de la Unidad Castelldans se han distinguido cuatro unidades cartográficas que se describen a continuación.

#### 1.1.1.1. *Lutitas rojizas y areniscas (1). (Chattiense)*

Esta asociación de facies incluye los niveles inferiores, estratigráficamente, de la unidad Castelldans, que se encuentran en la hoja. Aflora únicamente en el valle del río Set y al NE de la localidad de Castelldans. Estos materiales corresponden a las facies distales de la Fm. Conglomerados y areniscas de Margalef (COLOMBO, 1980).

Esta unidad cartográfica, predominantemente lutítica, está constituida por materiales que oscilan entre la fracción arcillosa, limosa y arenosa muy fina. En algunos niveles se pueden observar estructuras producidas por bioturbación y un moteado disperso de colores grisáceos y violáceos. Ha sido estudiada con detalle en las columnas 02.- ASPA, 10.- ALBAGES, 11.- L'ARANYO y 12.- LES PLANES, donde presenta 60, 100, 90, y 100 m de potencia, respectivamente.

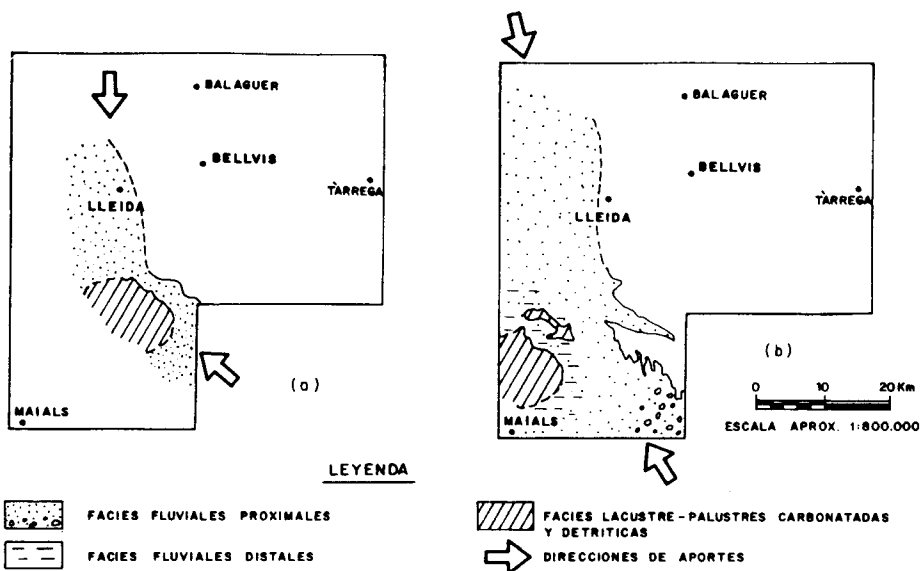


Fig. 2. Esquemas de distribución de facies de las unidades genético-sedimentarias de Castellans (a) y Alfés (b)

Las lutitas son de aspecto versicolor: rojas, grises, violetas, verdes y amarillas, pero predominantemente rojizas. El moteado puede ser irregular o mostrar una orientación vertical. Estos niveles de lutitas masivas moteadas presentan potencia variable, entre varios centímetros y algunos metros. El moteado versicolor que caracteriza a esta litofacies es debido a procesos edáficos en condiciones hidromórficas con variaciones del nivel freático, generalmente asociadas a procesos de encharcamiento, con repetidos procesos de oxidación y reducción. También aparecen asociadas a esta litofacies abundantes nódulos carbonatados, que por acumulación pueden llegar a constituir diversos horizontes. La formación del carbonato de estos nódulos está relacionada con la descomposición de la materia orgánica.

Por lo general, los tramos de lutitas rojas masivas se presentan alternando con tramos conglomeráticos (columnas 11 y 12), de areniscas (columnas 02, 10, 11 y 12) y de calizas (columnas 02, 11 y 12).

Los cuerpos conglomeráticos intercalados oscilan entre 2 y 4 m de potencia y su composición es equivalente a la descrita en el apartado 1.1.1.2.

Las areniscas se presentan en capas tabulares y canaliformes de hasta 3 m de potencia, algunas de ellas de escasa extensión lateral; el tamaño de grano oscila entre microconglomeráticas y de grano fino. Las estructuras más frecuentes son las bases erosivas, granoselección positiva, estratificación cruzada en surco y laminaciones paralelas y ripples de corriente. Algunos cuerpos presentan bioturbación a techo de los bancos. Al microscopio son litarenitas calcáreas, con un porcentaje importante de clastos de caliza (hasta un 50%); el porcentaje de clastos de cuarzo oscila entre un 5% y un 25%; los fragmentos de feldespato potásico varían entre un 2% y un 10%; los fragmentos de yeso, presentes en todas las muestras, alcanzan porcentajes de hasta un 70% en algunas, siendo más frecuente esta composición hacia la base de la unidad. El cemento es calcáreo y yesífero.

Con menor frecuencia aparecen margas grises oscuras, verdosas o negras, organógenas, con un elevado contenido en materia orgánica, con niveles de calizas micríticas, a veces arenosas y bioclásticas, como las descritas en el apartado 1.1.1.4. Contienen gran cantidad de restos vegetales y fósiles de organismos límnicos; gasterópodos, ostrácodos y oogonios de corafitas; en algunos niveles también se encuentran fragmentos de vertebrados.

Esta unidad lutítica se interpreta como depósitos de llanura de inundación. Las lutitas, en cada desbordamiento, se depositan por suspensión al desacelerar las corrientes acuosas. La coloración roja que presentan estos niveles se atribuye a procesos de oxidación en condiciones subáreas, mientras que las manchas de color gris son atribuibles a la descomposición de materia orgánica e indican que las lutitas han permanecido por debajo del nivel freático durante un período de tiempo relativamente largo. Los tramos arenosos corresponden a zonas medias distales de abanicos aluviales.

Las litofacies de margas grises son indicativas de ambientes en que los sedimentos lutíticos se mantienen empapados de agua, en condiciones reductoras, durante algún período de tiempo. Este tipo de litofacies, que aparece asociado a tramos de lutitas rojas que alternan con paleocanales, pueden haberse depositado en llanuras lutíticas que permanecen encharcadas durante algunos períodos de tiempo.

Se atribuye una edad Chattiense a esta unidad por su posición estratigráfica.

#### 1.1.1.2. *Conglomerados (2). (Chattiense)*

Esta asociación de facies está constituida por sucesiones de cuerpos lenticulares de conglomerados, intercalados en tramos lutíticos de la unidad cartográfica (1) de potencia métrica a decamétrica. Afloran en la parte oriental de la hoja de Maials y pertenecen a la Fm. Conglomerados y areniscas de Margalef (COLOMBO, 1980). Estos cuerpos conglomeráticos evolucionan distal y marginalmente hacia otros con relleno arenoso mejor organizado.

Presentan un relleno masivo, con fábrica clastosoportada y matriz arenosa de grano medio a fino. Los clastos son predominantemente calcáreos y están mal clasificados con diámetros que oscilan entre 2 y 15 cm. El cemento es de carbonato cálcico. Los litosomas conglomeráticos lenticulares, de 1 a 5 m de potencia y anchura decamétrica, presentan carácter multiepisódico, constituidos por conglomerados masivos con cantos desordenados y mal clasificados y ocasionalmente imbricados. Corresponden a depósitos de corrientes tractivas de gran competencia y corta duración, que impiden la organización de los clastos transportados. Algunos de estos litosomas lenticulares presentan geometría sigmoidal y se interpretan como barras.

Estos materiales corresponden a facies de zonas medias-distales de abanico aluvial, que forman una franja de transición aluvial-fluvial desde las facies no canalizadas a las facies de canales fluviales, predominantemente areniscosos de la unidad cartográfica (3).

Se atribuye una edad Chattiense a esta unidad por su posición estratigráfica.

#### 1.1.1.3. *Paleocanales de areniscas (3). (Chattiense)*

Esta unidad está compuesta por paleocanales de areniscas, de poca extensión lateral incluidos dentro de las lutitas de la unidad cartográfica (1). Desde el punto de vista sedimentológico, estos paleocanales intercalados entre facies rojizas corresponden a cinturones fluviales.

Aflora principalmente en la parte nororiental de la hoja. Los niveles de areniscas de potencia métrica presentan una geometría lenticular y una morfología de paleocanal. También se presentan niveles tabulares, de potencia decimétrica, con gran extensión y persistencia lateral.

Los litosomas canaliformes de surco muy incidido, lo que les confiere una geometría fuertemente lenticular, presentan techo plano y base cóncava y erosiva. Se diferencia una parte central muy incidida y dos alas de extensión en los extremos. El surco central generalmente presenta potencias métricas, mientras que las alas de extensión se adelgazan rápidamente pasando a lutitas. Están constituidos por arenas gruesas en la base, localmente conglomeráticas, que hacia arriba pasan a granulometría fina; el surco central acostumbra a presentar estratificación cruzada planar y de surco, que hacia las alas de expansión pasan a laminación paralela y *ripple*.

Estos litosomas presentan carácter multiepisódico con superposición vertical y ligeros desplazamientos laterales, de modo que varios litosomas pueden amalgamarse constituyendo un único cuerpo arenoso, que por lo general, se encuentran aislados entre sedimentos lutíticos, pero frecuentemente se superponen erosivamente uno encima del otro. Estos cuerpos se interpretan como depósitos de relleno de canal, las alas de expansión corresponden a depósitos de diques del canal o *levees*. Las características de estos depósitos sugieren que se han producido por cursos fluviales de baja sinuosidad.

Además se encuentran algunos litosomas canaliformes laxos con acreción lateral, de 0,5 a 3 m, de potencia y amplia extensión lateral. Los diversos episodios de acreción lateral están representados por superficies erosivas, que producen estratificación cruzada sigmoidal de tipo epsilon en ocasiones remarcada por nivelillos lutíticos. Presentan granoclasificación positiva, de grano grueso a fino; las zonas limitadas por superficies de acreción lateral presentan frecuentemente estratificación cruzada planar y de surco en la parte inferior que pasa a laminación paralela y *ripple* en la superior. Estos cuerpos arenosos corresponden a depósitos de cursos fluviales de alta sinuosidad con tendencia a migrar lateralmente, que debían discurrir por relieves con pendientes suaves.

- También se presentan litosomas canaliformes laxos con relleno uniepisódico y surco poco incidado. Las areniscas son de grano medio a grueso con granoclasificación que pasan vertical y lateralmente a sedimentos arenosos de grano fino. Muestran laminación cruzada de surco y planar, en la parte central, y laminación paralela y cruzada en los márgenes, que pueden estar intensamente bioturbados y tener aspecto masivo. Estos depósitos se pueden interpretar como pequeños canales situados en las partes distales de un abanico aluvial, que al llegar a zonas topográficas más llanas pierden progresivamente su potencial de excavación.

La descripción microscópica de estos materiales es equivalente a la descrita para las areniscas del apartado 1.1.1.1.

La edad atribuida a esta unidad es Chattiense, por su posición estratigráfica.

#### 1.1.1.4. Calizas (4). (Chattiense)

Esta asociación de facies agrupa los depósitos carbonatados que están distribuidos por el sector noreste de la hoja de Maials en el área comprendida entre las localidades de Aspà y Castellldans.

Las capas de caliza, a pesar de su escasa potencia, de decimétrica a métrica, afloran en extensas superficies formando plataformas y relieves en cuesta. Han sido reconocidas con detalle en la sección 03.- CASTELLDANS, donde forman tramos del orden de 10 m de potencia, intercalados dentro de la unidad lutítica (1).

La unidad está constituida por una alternancia de capas de caliza de menos de 1 m de potencia con intercalaciones de margas gris verdosas y algunos niveles de lutitas rojas y negras ligníferas.

Se pueden diferenciar dos tipos de calizas: calizas bioclásticas y calizas micríticas. Las primeras son de color gris oscuro a negro y están constituidas por *wackestones* y *packstones* con gasterópodos, carofitas, ostrácodos y restos vegetales carbonosos, que localmente pueden presentar una fracción terrígena. Presentan geometrías irregulares y corresponden a depósitos lacustres litorales. Las calizas micríticas son de color gris claro, clasificables como *mudstones* y *wackestones* con carofitas y ostrácodos, y se interpretan como depósitos lacustres centrales.

Estos materiales forman secuencias constituidas por lutitas rojizas en la parte inferior y margas grises y calizas micríticas a techo. Los bancos de caliza suelen presentar estratificación nodulosa.

Se interpretan como depositados en un ambiente lacustre y de llanura de inundación.

Se atribuye una edad Chattiense a esta unidad por su posición estratigráfica

### 1.1.2. Unidad Alfes-Ribarroja

Esta unidad está ampliamente representada en la mitad nororiental de la hoja, donde afloran diversos tipos de sedimentos detríticos (conglomerados, areniscas y lutitas) que evolucionan tanto lateralmente como hacia el techo de la unidad a sedimentos predominantemente carbonatados.

En la Fig. 2 (b) se puede observar como los materiales detríticos más gruesos ocupan el sector sureste de la hoja de Maials lo que sugiere una procedencia catalánide para los materiales detríticos, mientras que los sedimentos margo-carbonatados se sitúan en el sector noroccidental, existiendo entre ambos dominios facies de transición representadas por areniscas y lutitas.

La potencia media de la unidad es de 130 m y ha sido reconocida en las secciones estratigráficas de 01.- SARROCA, 05.- TORREBESES; 08.- GRANENA; 13.- SOLERAS y 14.- TORMS.

No se ha encontrado fauna con interés bioestratigráfico en esta unidad. Su posición estratigráfica entre las calizas de Tárrega y los yacimientos de Fraga 2 y Fraga 4 de AGUSTÍ *et al.* (1988) permite atribuirle una edad Chattiense.

#### 1.1.2.1. Conglomerados (5). (Chattiense)

Esta asociación de facies está constituida por tramos conglomeráticos de aspecto tabular y lenticular, que se intercalan entre las lutitas rojizas y areniscas de la unidad (6). Aflora en el sector suroriental de la hoja entre las localidades de Torms y Juncosa.

Los cuerpos conglomeráticos presentan de 2 a 5 m de potencia y tienen base erosiva. Se distinguen dos tipos: niveles tabulares a escala de afloramiento, más frecuentes en los sectores

más meridionales y cuerpos lenticulares, generalmente poco individualizados y con relleno multiepisódico, dominantes hacia el noroeste. Distalmente evolucionan a paleocanales de areniscas fluviales de la unidad 8.

Los clastos son predominantemente calcáreos, de 2 a 15 cm de diámetro, desordenados y mal seleccionados. Los niveles presentan normalmente estratificación horizontal. También pueden presentar estratificación cruzada planar e imbricación de cantos, integrando unidades planares.

Estos depósitos son el resultado de eventos de corta duración de las corrientes tractivas, que impide la selección de los materiales. La estratificación cruzada planar indica la migración de barras.

Esta asociación de facies constituye una franja de transición de facies aluvial-fluvial, en la zona media del abanico aluvial, desde las facies no canalizadas a las sucesiones de facies de canales fluviales predominantemente arenosos.

Aunque estos materiales no presentan fósiles, por criterios de correlación regional se les asigna una edad Chattiense.

#### 1.1.2.2. *Lutitas rojas y areniscas (6). (Chattiense)*

Esta asociación de facies engloba los materiales lutíticos rojizos que son los más abundantes en la unidad Alfés-Ribarroja. Frecuentemente presentan moteado gris, amarillo y rosa debido a bioturbación. También, se encuentran algunas intercalaciones de capas de areniscas con geometría canaliforme laxa, de potencia decimétrica.

Esta unidad se ha reconocido con detalle en las secciones estratigráficas (14) TORMS y (13) SOLERAS. En la primera aflora con una potencia de 130 m incluyendo cuerpos tabulares de conglomerados y areniscas, como los descritos en el apartado 1.1.2.1. Hacia el NO de este área, en la zona de Soleras, afloran 100 m de lutitas rojizas con intercalaciones de cuerpos arenosos. Distalmente, y en esta misma dirección, pasa mediante cambio lateral de facies a la unidad cartográfica (7).

La edad de estos materiales es Chattiense por su posición estratigráfica.

#### 1.1.2.3. *Lutitas ocre, grises y versicolores, y areniscas (7). (Chattiense)*

Esta unidad cartográfica aflora en el sector central y septentrional de la hoja, entre Sarroca, Alcanó y Granyena de les Garrigues. Estos materiales pertenecen a la Fm. Lutitas y calizas de la Granja d'Escarp (CABRERA, 1983), que son un cambio lateral de facies de las calizas de Mequinenza a otras unidades formadas por materiales terrígenos: lutitas, areniscas y conglomerados incluidos en la Fm. Conglomerados y areniscas de Margalef (COLOMBO, 1980). Su potencia oscila entre los 50 m medidos en la sección (01) Sarroca y los 60 m en la (08) Granyena.

Las lutitas de esta unidad incluyen capas de areniscas y de calizas, que cuando ha sido posible se han distinguido en la cartografía como las unidades (8) y (9) respectivamente, y se describen en los apartados siguientes. Con menos frecuencia se encuentran delgados bancos de lignito.

Las margas grises generalmente son masivas y algunos niveles presentan moteados abigarrados y nódulos de limonita. Son frecuentes los niveles negruzcos con bioclastos límnicos (gasterópodos, carofitas, etc.) y restos vegetales carbonosos dispersos.

Los materiales de esta unidad se depositaron en las zonas más distales del sistema aluvial del Montsant. La proximidad de las áreas lacustres de Mequinenza se traducía en la expansión de ambientes subacuáticos, representados por los depósitos calcáreos, sobre las llanuras aluviales distales.

Entre el contenido micropaleontológico de esta unidad se ha reconocido: *Sphaerochara hirmeri longiuscula* GRAMB. y PAUL, *Stephanochara ungeri* FELST-CASTEL, *Eocytheroiteron*, sp., *Darwinula* sp., *Cytherelloidea* cf. *praesulcata* (LIENENK) y *Candona* cf. *procera* STRAUB.

Por la asociación de restos de vertebrados encontrados en niveles equivalentes en la unidad de Lutitas y calizas de la Granja d'Escarp (CABRERA, 1983) se atribuye a esta unidad una edad que oscila desde un Oligoceno superior bajo a alto (Chattiense).

#### 1.1.2.4. Paleocanales de areniscas (8). (Chattiense)

Con este término se ha representado cartográficamente la existencia de tramos de areniscas intercalados entre las lutitas de la unidad anterior (7). Hacia el SE pasan lateralmente a los tramos conglomeráticos de la unidad (6), mientras que hacia el NO pasan lateralmente a la unidad lacustre (9).

Tienen un máximo desarrollo en la zona centro septentrional de la hoja, donde se han reconocido en las secciones 01.- SARROCA, 05.- TORREBESES y 08.- GRANYENA.

Se trata de una asociación de facies constituida fundamentalmente por areniscas de grano medio a grueso, con elementos y cemento predominantemente carbonatados, que intercalan niveles de lutitas rojas y ocreas de la unidad (7); esporádicamente presentan moteado gris, amarillento y rosado. Los niveles de areniscas tienen potencias entre 1 y 5 m. Se distinguen dos tipos de cuerpos de areniscas: lenticulares y tabulares.

Los litosomas lenticulares son de espesor métrico, laxos, con relleno uniepisódico y surco poco incidido. Las areniscas son de grano medio a grueso con granoclasificación; pasan vertical y lateralmente a sedimentos arenosos de grano fino. Presentan laminación cruzada de surco y laminación cruzada planar en la parte central y laminación paralela y cruzada en los márgenes que pueden presentar intensa bioturbación llegando a borrar las estructuras sedimentarias. Estos materiales se interpretan como el depósito de pequeños canales situados en las partes distales de un abanico aluvial, que al llegar a zonas topográficas más llanas pierden progresivamente su potencial de excavación.

Los litosomas tabulares tienen potencia decimétrica, aunque también se presentan amalgamados constituyendo tramos de hasta 1,5 m de potencia. Están limitados por superficies de estratificación planas y paralelas, de gran extensión lateral y persistencia kilométrica; pueden presentar granoclasificación positiva con areniscas de grano medio con laminación paralela en la base que pasan a arena muy fina con laminación cruzada de tipo ripple en el techo. Ocasionalmente se observa la terminación lateral de estas capas que muestra una geometría lenticular muy laxa, con relieve positivo constituido por un contacto inferior plano y el superior convexo. La geometría tabular de estos depósitos sugiere que el transporte se realizó a través de corrientes acuosas, sin canalizar, en forma de manto; también se pueden interpretar como el resultado de la sedimentación en llanuras de inundación alejadas del cauce fluvial.

Desde el punto de vista petrográfico las areniscas son litarenitas con un 7% a 20% de cuarzo y un alto contenido en fragmentos de rocas calizas (10%-58%); el yeso detrítico está presente en todas las muestras oscilando entre el 10% y el 65%. El cemento es calcáreo y yesífero, variando entre un 15% y un 25% de la muestra.

La edad de estos materiales es Chattiense por posición estratigráfica.

#### 1.1.2.5. *Calizas bioturbadas. (9). (Chattiense)*

Esta asociación de facies agrupa niveles de calizas de gran extensión lateral, de potencia decimétrica a métrica, intercaladas entre las margas ocre y grises de la unidad (7). Se han utilizado como capas guía, ya que son muy resistentes a la erosión y destacan sobre el terreno y permiten un seguimiento tanto fotogeológico como en el campo.

Esta unidad se ha reconocido en los últimos metros de la columna 01.- SARROCA.

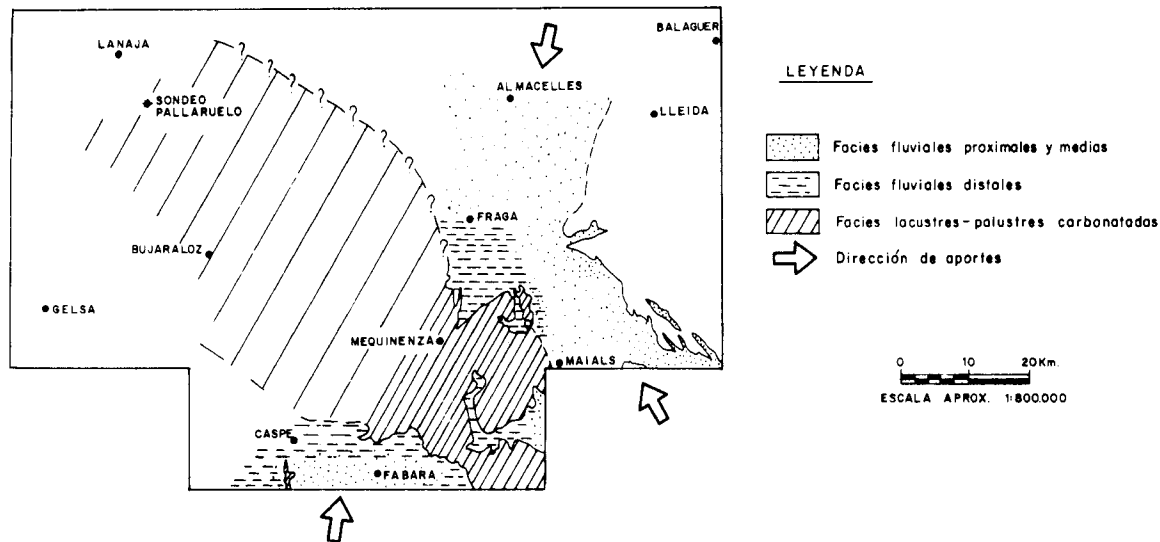
Dominan las calizas micríticas de color gris claro. También se encuentran calizas organógenas de color gris oscuro a negro, constituidas por *wackestones* y *packstones* con gasterópodos, carofitas, ostrácodos y restos vegetales carbonosos; ocasionalmente pueden incluir una fracción terrígena. Se interpretan como depósitos lacustres litorales.

Se le atribuye una edad Chattiense por su posición estratigráfica.

#### 1.1.3. **Unidad Fayón-Fraga**

Esta unidad genético sedimentaria aflora en la mitad suroccidental de la hoja de Maials.

En la fig. 3 está representada la distribución de facies de esta unidad en las hojas próximas donde aflora. En ella puede observarse como en el sector oriental (hojas de Fraga, Lleida y Maials), así como en la parte inferior de la unidad, está constituida por facies terrígenas fluvio-aluviales, mientras que su parte superior y el conjunto de la unidad hacia el NO, está formada por facies terrígenas y carbonáticas de origen lacustre. El paso de unas facies a otras, en vertical, se realiza de forma transicional. En el sector suroccidental está constituida por



**Fig. 3. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Fayón-Fraga**

facies aluviales procedentes de la Cordillera Ibérica, y a techo incluye facies pelíticas y carbonáticas de origen lacustre-palustre.

En la zona ocupada por la hoja de Maials la unidad está constituida por sedimentos aluviales, en este sector procedentes de la Cordillera Costero Catalana.

Dentro de la hoja se ha estudiado la unidad en varias secciones estratigráficas: en el sector meridional, en la columna 15.- GRANADELLA, se han medido 150 m de una alternancia de lutitas, areniscas y conglomerados; en el sector centro oriental en la columna 13.- SOLERAS, se han reconocido 65 m de lutitas, con niveles intercalados de areniscas y algunos bancos conglomeráticos; y en el sector centro occidental se ha observado en las columnas 04.- MAS MIARNAU y 07.- MASIA SUCARRADA, con 100 m y 70 m respectivamente, de lutitas con intercalaciones de areniscas.

Dentro de la hoja no existen datos bioestratigráficos que permitan datar a la unidad, pero los estudios de microvertebrados realizados por AGUSTI *et al.* (1988), en los yacimientos de Fraga-2 y Fraga-4, ubicados en la hoja de Fraga (387), permiten incluirla dentro del Chattiense (Oligoceno superior). Según estos autores, quedaría comprendida dentro de las biozonas de *Eomys major* y de *Eomys aff. major*.

Los materiales que constituyen esta unidad forman parte de diversas unidades litoestratigráficas, definidas en el área por diversos autores. Los materiales terrígenos que afloran en el sector sur-oriental pertenecen a la Formación Conglomerados y lutitas de Margalef (COLOMBO, 1980) (Fig. 1). Las facies lacustres correspondientes a esta unidad forman parte de la Formación Lutitas y areniscas de Fraga y Lutitas y calizas de la Granja d'Escarp, definidas por CABRERA (1983).

En la cartografía se han diferenciado cuatro asociaciones de facies como componentes de la Unidad Fayón-Fraga.

#### 1.1.3.1. Conglomerados. (10). (Chattiense)

Esta asociación de facies está constituida por bancos conglomeráticos lenticulares, que se intercalan entre las lutitas rojas y areniscas de la unidad (11). Aflora en el sector meridional de la hoja en las inmediaciones de La Poble de Granadella, donde se ha levantado la columna estratigráfica 15.- GRANADELLA. Hacia el SE se encuentra algún tramo de aspecto tabular, a escala de afloramiento, con estratificación paralela.

Estos cuerpos conglomeráticos presentan de 1 a 5 m de potencia unitaria y base erosiva; pueden presentar estratificación cruzada planar e imbricación de cantos; con menor frecuencia se ha reconocido estratificación cruzada de surco. Están compuestos por clastos predominantemente calcáreos, de 2 a 15 cm de diámetro, desordenados y mal seleccionados. Distalmente evolucionan hacia paleocanales de areniscas fluviales de la unidad (12).

Estos niveles se interpretan como depósitos de la zona media del abanico aluvial y registran eventos de corta duración de las corrientes tractivas, que impide la selección de los materia-

les. Forman una franja de transición aluvial-fluvial desde las facies no canalizadas a las sucesiones de canales fluviales predominantemente arenosos.

Aunque estos materiales no presentan fósiles, por criterios de correlación estratigráfica regional se les asigna una edad Chattienne.

#### 1.1.3.2. *Alternancia de lutitas ocreas, localmente grises y areniscas. (11). (Chattienne)*

Esta asociación de facies, constituida predominantemente por lutitas rojas y areniscas, aflora en el sector noroccidental de la hoja. Se corresponde con la Fm. Lutitas y areniscas de Fraga (CABRERA, 1983). Hacia el SE presentan intercalaciones conglomeráticas de la unidad (10) que hacia el NO pasan lateralmente a areniscas fluviales, mientras que en la parte occidental presenta intercalaciones de calizas (Fm. Lutitas y calizas de la Granja d'Escarp) pertenecientes a la unidad (13).

Sus características sedimentológicas y potencia parcial se han representado en las columnas estratigráficas 04.- MAS MIARNAU, 07.- MASIA SUCARRADA, 13.- SOLERAS y 15.- GRANADELLA.

Por lo general las lutitas son rojizas, masivas, aunque localmente pueden presentar laminación paralela. Algunos niveles presentan moteados cromáticos rosados y grisáceos asociados a trazas de intensa bioturbación junto con algunos nódulos carbonatados. Incluyen intercalaciones de niveles de arenisca. En el sector occidental (riera de la LLuna) está compuesta por lutitas rojas con abundantes intercalaciones de lignitos y lutitas grises con alguna capa de calizas y de areniscas. Los lignitos están localmente atravesados por vetas de yeso, y se presentan muy alterados en superficie con aspecto pulverulento.

Petrográficamente las areniscas corresponden a litarenitas calcáreas y a calcisiltitas, con un alto contenido en granos calcáreos (20%-55%) y en menor proporción granos de cuarzo (7%-23%). El cemento es calcáreo, con porcentajes que oscilan entre el 20% y el 40%, y sólo ocasionalmente yesífero (9%-15%).

Los niveles carbonatados son calizas de textura *mudstone-wackestone*, con restos de gasterópodos y ostrácodos.

Esta unidad puede correlacionarse hacia el oeste con el nivel de lignitos en el que se ha reconocido la biozona de mamíferos MC-2 (CABRERA, 1983), que indica una edad Oligoceno superior.

#### 1.1.3.3. *Paleocanales de areniscas. (12). (Chattienne)*

Esta asociación de facies corresponde a los niveles con predominio de areniscas intercalados entre las lutitas ocreas de la unidad (11) que se han utilizado en ocasiones como capas guía, ya que destacan sobre el terreno y permiten un seguimiento fotogeológico. Hacia el sureste pasan lateralmente a los tramos conglomeráticos de la unidad (10).

La unidad está constituida fundamentalmente por areniscas calcáreas, de grano medio a fino, que intercalan niveles de lutitas ocre y amarillas de la unidad (11). Normalmente se presentan en litosomas canaliformes laxos con surco poco incidido y potencia métrica; presentan granoclasificación, pasando vertical y lateralmente a sedimentos arenosos de grano fino. Muestran laminación cruzada en la parte central y laminación paralela y cruzada de pequeña escala en los márgenes, donde pueden presentar intensa bioturbación y aspecto masivo. Estos cuerpos pueden interpretarse como el depósito de corrientes canalizadas en áreas distales de un abanico aluvial.

También se encuentran cuerpos tabulares de potencia unitaria decimétrica, limitados por superficies de estratificación plano paralelas de gran extensión lateral. Muestran habitualmente granoclasificación positiva, con laminación paralela en la parte inferior que pasa hacia arriba a laminación cruzada de tipo ripple. Estos depósitos pueden interpretarse como el resultado de la sedimentación en llanuras de inundación situadas entre canales fluviales.

Por criterios de correlación regional se asigna una edad Chattiense a estos materiales.

#### 1.1.3.4. *Calizas. (13). (Chattiense)*

Esta asociación de facies incluye niveles de calizas y margas grises de gran extensión lateral, intercalados entre las lutitas ocre y rojizas que dan lugar a extensas plataformas y relieves en cuesta. Ha sido reconocida en la columna estratigráfica 04.- MAS MIARNAU, donde las facies carbonatadas presentan, generalmente, abundantes bioclastos (carofitas, gasterópodos, etc.) de origen límnic. Las calizas son micríticas con textura *mudstone-wackestone*, y se presentan en bancos decimétricos de color beige claro a negro. Esporádicamente se encuentran niveles lenticulares de areniscas.

Estos niveles se interpretan como depósitos lacustres someros, que frecuentemente están sometidos a influencias terrígenas:

Los materiales de esta unidad, hacia el oeste, ya en la hoja vecina de Mequinenza aumentan extraordinariamente de potencia.

Esta unidad puede correlacionarse hacia el oeste con el nivel de lignitos en el que se ha reconocido la biozona de mamíferos MC-2 (CABRERA, 1983), que indica una edad Oligoceno superior.

#### 1.1.4. **Unidad Mequinenza-Ballobar**

Esta unidad ha sido caracterizada en la vecina hoja de Fraga (387) y se ha podido seguir cartográficamente a través de las hojas de Mequinenza (415), Fabara (443), Bujaraloz (414), Caspe (442) y Gelsa (413). Dentro de la hoja aflora extensamente en la mitad sudoccidental, donde corona los relieves más elevados, entre las localidades de Maials y Granadella.

Se trata de una unidad constituida por sedimentos detríticos aluviales en su parte inferior que incluyen progresivamente hacia arriba depósitos carbonáticos de origen lacustre-palustre (ver Fig. 4).

El límite inferior de la unidad se sitúa en el contacto existente entre las facies aluviales de su base y las facies carbonatadas lacustres que forman el techo de la unidad infrayacente (Fayón-Fraga).

En el sector meridional del área cartografiada, esta unidad está formada básicamente por materiales terrígenos de origen fluvio-aluvial: conglomerados, areniscas y lutitas. Estos materiales evolucionan hacia el NO a facies terrígenas y carbonatadas de origen lacustre.

Los materiales de la Unidad Mequinenza-Ballobar han sido estudiados detalladamente en las columnas estratigráficas 06.- MAIALS (105 m de lutitas y calizas), 07.- MASIA SUCARRADA (15 m de lutitas y areniscas) y 15.- GRANADELLA (60 m de conglomerados y lutitas).

La posición cronoestratigráfica de estos materiales se conoce con bastante precisión en el área de Fraga gracias a los yacimientos de micromamíferos (Fraga-6 y Fraga-7) descritos por AGUSTI *et al.* (1988), correspondientes a la biozona de *Rhodanomys transiens*, lo que permite asignar a esta unidad una edad Oligoceno superior.

Las facies detríticas de esta unidad forman parte de la Fm. Conglomerados y areniscas de Margalef (COLOMBO, 1980). Las facies carbonatadas forman parte de las Formaciones Calizas de la Fatarella (COLOMBO, 1980) y Lutitas y calizas de Granja d'Escarp (CABRERA, 1983).

En la cartografía se han distinguido cuatro asociaciones de facies correspondientes a esta unidad genético-sedimentaria.

#### 1.1.4.1. Conglomerados. (14). (*Chattiense*)

Esta unidad está constituida por niveles conglomeráticos de aspecto tabular y lenticular, que afloran en el sector meridional en la zona comprendida entre Granadella y Poble de la Granadella.

Estos cuerpos conglomeráticos tienen una base erosiva y de 2 a 5 m de potencia unitaria. Se distinguen litosomas tabulares que dominan en el sector más meridional y cuerpos lenticulares, generalmente poco individualizados y con relleno multiepisdico, más abundantes hacia el NO. Distalmente evolucionan hacia paleocanales de areniscas fluviales de las unidades (15) y (16).

En la columna estratigráfica 15.- GRANADELLA se han medido 60 m de una alternancia de conglomerados, areniscas y lutitas rojas. Los conglomerados están constituidos por clastos predominantemente calcáreos, de 2 a 15 cm de diámetro, desordenados y mal seleccionados, que por lo general presentan estratificación horizontal y estratificación cruzada planar y de surco, granoselección positiva, y en algunos niveles arenosos bioturbación. Esta facies

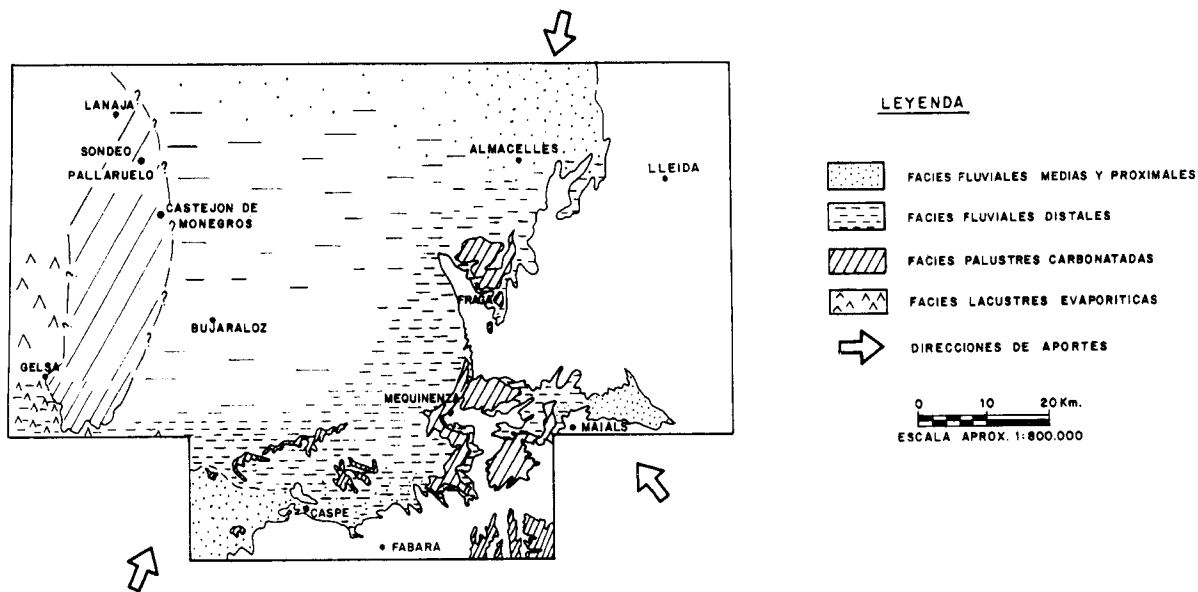


Fig. 4. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Mequinenza-Ballobar

se interpreta como una franja de transición aluvial-fluvial, en la zona distal del abanico aluvial, desde las facies no canalizadas a las sucesiones de facies de canales fluviales predominantemente arenosos.

La edad atribuida a estos materiales es Chattiense por posición estratigráfica.

#### 1.1.4.2. *Lutitas rojizas y cuerpos aislados arenosos y carbonatados. (15). (Chattiense)*

Los materiales de esta unidad, constituidos predominantemente por lutitas rojas, afloran en la meseta que se extiende entre las localidades de la Poble de Granadella, Llardecans y Maials. En el sector sudoriental presentan intercalaciones conglomeráticas que hacia el NO pasan lateralmente a areniscas fluviales, mientras que en la parte occidental presenta intercalaciones de calizas de la unidad (17).

En la sección estratigráfica 06.- MAIALS, se han medido 105 m de lutitas rojas con niveles intercalados de areniscas y calizas. Por lo general, las lutitas son masivas, aunque localmente pueden presentar laminación paralela. Algunos niveles presentan moteados cromáticos rosados y grisáceos asociados a trazas de intensa bioturbación, también se encuentran algunos nódulos carbonatados dispersos en la masa lutítica.

Los materiales de esta unidad se depositaron en llanuras lutíticas aluviales, representado el final de la sedimentación aluvial del abanico del Montsant.

La edad de esta unidad cartográfica es Chattiense por su posición estratigráfica.

#### 1.1.4.3. *Paleocanales de areniscas. (16). (Chattiense)*

Esta asociación de facies está compuesta por tramos de areniscas, intercalados entre las lutitas rojizas de la unidad (15). Hacia el SE pasan lateralmente a los tramos conglomeráticos de la unidad (14).

Se trata de una unidad sedimentaria constituida fundamentalmente por areniscas calcáreas, de grano medio a fino, que intercalan niveles de lutitas rojizas y ocre de la unidad (14) que localmente pueden presentar moteado gris, amarillento y rosado.

Se presentan en litosomas canaliformes laxos con surco poco incidido y potencia métrica. En la parte central están compuestos por areniscas de tamaño de grano medio con laminación cruzada que pasa hacia los márgenes y hacia arriba a areniscas de grano fino con laminación paralela y cruzada de pequeña escala. Las áreas de margen pueden presentar intensa bioturbación y aspecto masivo. Estos materiales pueden interpretarse como el depósito de corrientes canalizadas en áreas distales de un abanico aluvial.

Petrográficamente son litarenitas con un porcentaje en cuarzo entre el 5% y el 15%, y un contenido elevado, por lo general, de fragmentos de rocas carbonatadas (15% al 32%); en

algunas muestras, el contenido de yeso detrítico es mayoritario (hasta un 40%). El cemento más abundante es el calcáreo, aunque en casi todas las muestras está presente también el yesífero.

Por criterios de correlación regional se asigna una edad Chattiense a estos depósitos.

#### 1.1.4.4. Calizas tableadas. (17). (Chattiense)

En la zona de Maials, en la esquina suroeste de la hoja, afloran niveles de calizas y margas grises, de gran extensión lateral, intercalados entre las lutitas rojizas de la unidad (15), constituyendo extensas plataformas y relieves en cuesta.

Estas facies carbonatadas generalmente presentan abundantes bioclastos (carofitas, gasterópodos, etc.) de origen límico. Las calizas son micríticas y se presentan en bancos decimétricos de color beige claro a negro; tienen textura *mudstone* y *wackestone* con ostrácos y gasterópodos. Esporádicamente aparecen niveles lenticulares de areniscas.

Estos materiales se interpretan como depósitos lacustres someros, que frecuentemente están sometido a influencias terrígenas.

Los materiales de esta unidad hacia el oeste, en la hoja vecina de Mequinenza aumentan extraordinariamente de potencia; sin embargo la existencia de varias pulsaciones de progradación aluvial restringieron de manera apreciable la extensión de las zonas lacustres, aunque sin llegar a eliminarlas.

Esta unidad se puede correlacionar con los tramos superiores de las calizas de la Fm. Calizas de Mequinenza de edad Chattiense terminal (Biozona de *Rhodanomys transiens*), CABRERA (1983); AGUSTI *et al.* (1987).

### 1.2. CUATERNARIO

#### 1.2.1. Gravas con matriz limo arenosa. Terrazas (19, 20 y 21). Pleistoceno

Los depósitos de terraza de la hoja de Maials se encuentran poco representados, adquiriendo mayor relevancia aquellos correspondientes a la margen izquierda del río Segre.

Se han reconocido 3 niveles compuestos por cantos polimícticos bien redondeados con tamaños de hasta 20 cm, y modas de 5-6 cm. La matriz es limo-arenosa, y alcanzan una potencia habitual en torno a los 4 m. Localmente aparecen cementados por carbonatos, y en la base sufren procesos de *piping*.

Se ha cartografiado asimismo un único nivel de terraza relacionado con un curso fluvial de menor entidad (Vall Major) cuyo depósito se caracteriza por presentar secuencias de cantos de naturaleza caliza, de tamaños que oscilan desde 1 cm hasta 8 cm, con matriz arenosa,

localmente cementadas y con algunas estructuras internas: pequeños canales de arenas y arcillas. Su potencia sobrepasa los 3 m.

A estos niveles de terraza se les ha asignado una edad Pleistocena.

#### **1.2.2. Cantos con matriz limo-arcillosa. Coluviones (27). Limos y arcillas con cantos. Depósitos aluvial-coluvial (26). Holoceno**

Se incluyen estos depósitos juntos en este apartado por presentar características similares.

Están compuestos por escasos cantos, mal clasificados, de calizas y areniscas, englobados en una matriz limo-arenosa de colores rojizos. Su potencia es difícil de estimar pero no supera los 2 m.

Se encuentran relacionados con los procesos morfogenéticos característicos de clima árido imperantes en esta zona de la cuenca del Ebro, esto es movilizaciones en ladera por gravedad y arroyada. Se diferencian por la pendiente deposicional: los depósitos de aluvial-coluvial se localizan en zonas llanas y abiertas, mientras que los coluviales se distribuyen en áreas de suave pendiente. Ambos suelen estar interconectados.

Su edad es holocena.

#### **1.2.3. Arenas, limos y arcillas con cantos. Fondos de valles y aluviales (24 y 25). Holoceno**

Se incluyen en este apartado tanto los sedimentos actuales del río Segre (escasamente representados en la esquina noroeste de la hoja) como los rellenos de los "vales" o valles de fondo plano con una dinámica mixta de aportes, tanto aluviales como de laderas, predominantes en la zona.

Litológicamente los fondos de "val" son depósitos de limos y arcillas, de tonos pardos por lo general que engloban escasos cantos de naturaleza calcárea principalmente heredados de las zonas próximas topográficamente más altas.

El aluvial del río Segre, incluye cantos más abundantes y de mayores tamaños, englobados en una matriz arcilloso-arenosa.

Se le atribuye una edad Holocena.

#### **1.2.4. Cantos calizos en matriz arcillo-margosa. Depósitos ligados a superficies estructurales (18). Pleistoceno-Holoceno**

En este apartado se incluyen aquellos depósitos situados en el cuadrante suroeste de la hoja, que se disponen encima de pequeñas superficies, y alcanzan espesores de 0,5 m.

Se trata de limos y arcillas de colores pardo-rojizos con cantos subangulares de tamaños homogéneos de hasta 3 cm, sin organización interna aparente.

Se les atribuye una edad Pleistocena, aunque es posible que hayan sufrido procesos edáficos posteriores ya de edad Holocena.

### 1.2.5. Limos y arcillas. Depósitos lacustre-palustre (23). Holoceno

Se han representado aquellos depósitos de naturaleza limo-arcillosa de tonos oscuros, localizados en la cola del embalse de Utxesa, y que normalmente se encuentran sometidos a procesos de encharcamiento intermitente.

## 2. TECTONICA

### 2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La hoja de Maials (416) está situada en la parte oriental de la Cuenca del Ebro.

La Cuenca del Ebro se desarrolla en la Placa Ibérica durante el Terciario; sus márgenes corresponden a las alineaciones estructurales del Pirineo al norte, la Cordillera Costero Catalana al SE y la Cadena Ibérica al S y SO. La evolución estructural de los tres márgenes tectónicos estuvo controlada por las colisiones y desplazamientos relativos de las placas de Africa y de Eurasia, desarrollados durante el Cretácico superior y el Paleógeno. Los Pirineos constituyen el orógeno más importante con que se relaciona la Cuenca del Ebro.

La Cuenca del Ebro, en sentido tectónico, corresponde fundamentalmente a los últimos estadios de evolución de la cuenca de antepaís meridional del Orógeno pirenaico (PUIGDEFA-BREGAS *et al.* 1986). En superficie sus límites están marcados por este orógeno, la Cordillera Ibérica y la Cordillera Costero Catalana, y en subsuelo su extensión es mayor, ya que está recubierta parcialmente por el Pirineo y su prolongación occidental, la Cordillera Cantábrica y por parte de la Cordillera Ibérica. De estos orógenos son los Pirineos los que han ejercido una mayor influencia en la génesis y evolución de la cuenca de antepaís. Los márgenes meridionales de la cuenca además estuvieron influenciados por la actividad en la Cadena Ibérica y en la Cordillera Costero Catalana (ANADON *et al.*, 1979; GUIMERA, 1988).

La cuenca del Ebro ha adquirido su identidad estructural a finales del Oligoceno, coincidiendo con las fases tardías de emplazamiento de los mantos pirenaicos y la actividad tectónica de los márgenes meridionales (Cadena Ibérica y Cadena Costero Catalana). El ámbito de la cuenca ha sufrido una paulatina reducción (RIBA *et al.*, 1983) de tal manera que los terrenos terciarios más antiguos rebasaban los actuales límites de la Depresión siendo involucrados parcialmente en las unidades estructurales que la limitan.

Los materiales sobre los que se disponen los sedimentos terciarios que constituyen el sustrato de la Cuenca del Ebro son principalmente de edad triásica y jurásica, con retazos cretácicos

cos aislados, excepto en la parte oriental, donde llega a aflorar extensamente el zócalo paleozoico (RIBA *et al.* 1983). Los mapas de isobatas de la base del Terciario permiten observar (RIBA *et al.*, op. cit.) la inclinación generalizada de la superficie superior del sustrato hacia el norte (Pirineos), llegando a sumergirse bajo las unidades cabalgantes 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 los materiales de la base del Terciario son de edad miocena.

Las unidades paleógenas inferiores (Paleoceno y Eoceno inferior) aparecen formando parte de los pliegues, en los márgenes pirenaico, ibérico y catalánide, y en numerosos casos se ha observado que su sedimentación fue prácticamente sinorogénica. Se ha observado en el seno de las formaciones conglomeráticas marginales la presencia de importantes discordancias angulares y progresivas (ASHAUER y TEICHMÜLLER, 1935; LLOPIS, 1947; RIBA, 1973, 1976; COLOMBO, 1980; ANADON *et al.*, 1986).

El margen Catalánide de la Cuenca del Ebro es el más próximo a la hoja de Maials. La estructura de la Cordillera Costero Catalana está dominada por un sistema de fallas de desgarre de orientación NE-SO, con pliegues de cobertera y pequeños cabalgamientos asociados. Esta actividad tectónica desarrollada desde el Eoceno inferior, contemporáneamente a la sedimentación, da lugar a una serie de discordancias (ASHAUER y TEICHMÜLLER, 1935; LLOPIS, 1947; COLOMBO, 1980; ANADON *et al.*, 1986). Estas relaciones sinorogénicas permiten también determinar que la edad de la deformación es más joven hacia el NE (ANADON *et al.* 1985).

En las proximidades de la hoja se encuentra el abanico conglomerático de Sant Miquel del Montclar, que se dispone discordantemente sobre los materiales marinos del Grupo Santa María (Biarritzense-Priabonense) y hacia el centro de la cuenca pasa lateralmente a una sucesión de lutitas y areniscas (ANADON *et al.* 1986). Esta unidad conglomerática exhibe una discordancia progresiva compuesta producida por el levantamiento del bloque SE de la falla de El Camp y el desplazamiento del margen de la cuenca hacia el centro de cuenca.

## 2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

Los materiales terciarios que afloran en la hoja de Maials presentan en general una disposición subhorizontal, con buzamientos inferiores a 3° por lo general. Sin embargo, se advierte un ligero basculamiento generalizado hacia el NO, fenómeno muy extendido a lo largo de la Cuenca del Ebro.

Aparte de este basculamiento no se aprecian estructuras cartografiables, sino sólo a escala de afloramiento. Consisten, fundamentalmente, en sistemas de diaclasas subperpendicula-

res, con una familia principal N-S. Este patrón de diaclasado es común a todo el ámbito de la Depresión del Ebro y la Cordillera Ibérica, y responde al campo de esfuerzos reciente, cuyas características se describen en el apartado de Neotectónica.

En algunos afloramientos el patrón de fracturación no responde al descrito, sino que aparece una familia con orientación NO-SE y otra subperpendicular. Dentro del modelo propuesto para el campo de esfuerzos regional, estos afloramientos anómalos podrían responder a una situación de perturbación de las orientaciones de los esfuerzos principales debido a la presencia de fallas mayores preexistentes en el sustrato, con orientación ESE a SE.

### 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 ANADÓN *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 NE peninsular, aunque siguen existiendo indicios de actividad compresiva incluso hasta el Mioceno inferior en el sector central de la cuenca, y durante el Mioceno medio en la parte occidental. Este régimen tectónico originó en la parte oriental fosas distensivas frecuentemente controladas por fallas preexistentes que se sobrepongan 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 (SIMON, 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

Durante el Neógeno se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque no se manifiesta por fallas cartográficas, sí produjo un sistema de diaclasado bastante homogéneo y un débil pero extenso basculamiento hacia el NO de toda la serie terciaria. El hecho de que estas estructuras (y otras relacionadas genéticamente con ellas) afecten regionalmente por igual a toda la serie terciaria, junto con los datos cronológicos de que se dispone especialmente en el ámbito de la Cordillera Ibérica (SIMON 1989), hacen pensar que dicho proceso tuvo lugar fundamentalmente durante el Mioceno superior-Plioceno.

El campo de esfuerzos tectónico puede caracterizarse como una distensión tendente a radial con  $\sigma_1$  y  $\sigma_3$  orientados, respectivamente, N a NNO y E a ENE. Bajo él se activan dos direcciones dominantes de diaclasas, una N a NNO y otra NO-SE. La primera representaría la fracturación desarrollada como respuesta directa al campo distensivo primario. El intercambio de  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar en muchos casos a una familia secundaria en dirección E a ENE. Las fracturas NO-SE reflejarían las perturbaciones del campo de distensión radial por efecto de fallas preexistentes de esa misma dirección.

Durante el Cuaternario siguen produciéndose, en puntos localizados, fracturas ENE y ESE que guardan cierta coherencia con el campo de esfuerzos reciente inferido de la fracturación que afecta al Mioceno. Ciertos rasgos de incisión rápida y anómala de la red de drenaje en la parte meridional de la hoja sugieren que durante este periodo pudieron prolongarse movimientos de componente vertical y gran radio que se traducirían en un basculamiento

general del área hacia el NO. Indicios en el mismo sentido existen, más al norte, en relación con el margen meridional y oriental del Pla d'Urgell.

### 3. GEOMORFOLOGIA

#### 3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La hoja de Maials se sitúa en la zona oriental de la Unidad Fisiográfica de la Depresión del Ebro y forma parte de la subunidad de la Depresión Central Catalana.

La hoja tiene un clima mediterráneo de carácter continental, con una precipitación media anual de unos 400 mm y temperaturas medias anuales de 14°-15°C, por lo que se puede afirmar que es una zona con marcado carácter semiárido (casi árido) en su totalidad.

Desde el punto de vista orográfico, la hoja presenta una clara distribución topográfica con pendiente general en sentido NO-SE fruto de la disposición estructural de las diferentes litologías y su respuesta frente a los procesos erosivos que afectan a la zona.

La mitad norte se conforma como una serie alternante de litologías arcillosas y calizas. Se caracteriza por presentar relieves suaves, con superficies culminantes cuya cota no supera los 450 m (vértice Fosca 420 m), levemente intersectados o disectados por la red fluvial.

Hacia el SE predominan los materiales conglomeráticos y areniscosos, las superficies se hacen cada vez más escasas arealmente, y el relieve se presenta como más abrupto con marcados procesos de incisión de la red, alcanzándose cotas de hasta 700 m en el extremo SE de la hoja.

El curso fluvial principal es el río Segre. Aunque poco representado (atraviesa la hoja unos 200 m con dirección NE-SO por el borde NO) constituye prácticamente el único punto donde puede apreciarse circulación hídrica permanente, con desarrollo de un amplio valle y depósitos de terraza asociados.

El resto de la red fluvial queda caracterizada por multitud de cursos de circulación intermitente o inexistente durante la mayor parte del año dada la aridez de la región. Los principales colectores (río Sed y Vall Major) constituyen el punto de encuentro de una marcada y abundante red de valles de fondo plano, con direcciones dominantes SE-NO, y que reciben el nombre de "vales" en Aragón y "rieras" en Lleida.

La base económica de la zona es la agricultura, con amplio desarrollo de los cultivos de secano (olivos y almendros) instalados a lo largo de toda la hoja en las superficies existentes, pero sobre todo, en los fondos de los "vales" aprovechando las áreas llanas de los mismos.

En el extremo NO, en la rica vega del río Segre, se cultivan frutales en una estrecha franja perteneciente a esta hoja.

Sólo en la zona orográficamente más montuosa, situada en el sector SE, se conservan reliquios de la vegetación arbustiva autóctona.

Finalmente destacar la presencia de gran cantidad de asentamientos rurales, de escasa entidad, que junto a la amplia red de carreteras, caminos y pistas que la recorren, constituyen elementos fundamentales en el paisaje de la zona.

### 3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

El modelado de una región viene condicionado principalmente por la composición litológica del sustrato y su estructura geológica. Ambos factores son fundamentales en la distribución de los distintos conjuntos morfográficos.

Su interacción con los procesos de dinámica fluvial y otros más recientes -antrópicos- serán causa principal de la evolución morfogenética reciente del área, dentro del contexto de un sistema morfodinámico de carácter semiárido.

#### 3.2.1. Estudio morfoestructural

La extraordinaria variedad litológica presente en la hoja de Maials unida a la distribución espacial de los materiales que la configuran, condicionan de un modo general la presencia de las formas estructurales, que son dominantes en el área.

Existen dos sectores claramente diferenciados, tanto por su orografía (ya señalados anteriormente) como por su morfología:

- El sector noroccidental está caracterizado por una serie subhorizontal (buzamientos muy suaves hacia el NO), constituido por una alternancia de términos arcillo-margosos (susceptibles a la erosión) y niveles carbonatados y areniscosos (más resistentes), dando origen a la aparición de superficies estructurales coincidiendo con las capas duras de caliza y areniscas, que adoptan en algunos casos una disposición en gradío.

Las superficies son relativamente frecuentes, convirtiéndose en el rasgo más destacado del área.

Es característico, asimismo, en la parte central de este sector, la existencia de un tramo arcilloso con paleocanales areniscosos más resistentes a los procesos de erosión, lo que provoca la existencia de relieves residuales característicos.

- El sector suroriental, orográficamente más alto, está dominado por una serie monoclinas donde predominan potentes paquetes conglomeráticos y areniscosos alternando con niveles menos potentes de carácter arcilloso.

Los procesos dominantes son los de incisión de la red fluvial, sobre los materiales antes citados contribuyendo a la configuración del relieve. Este sector se caracteriza por la presencia de abundantes escarpes estructurales, coincidentes siempre con líneas de capa dura. En muchos casos, una capa dura culminante alcanza una extensión considerable, destacando del entorno como superficies que si bien muy degradadas han sido cartografiadas por ser un rasgo notable en el relieve de este sector.

### 3.2.2. Estudio del modelado

El modelado de la hoja observable en la actualidad es consecuencia, además del control estructural expuesto anteriormente, de las condiciones climáticas, tendentes a la aridez, a las que está sometida el área.

Así pues los sistemas morfogenéticos que describiremos a continuación están condicionados por estas características zonales.

#### 3.2.2.1. Laderas

Las laderas constituyen una parte fundamental en la composición del relieve.

En el ámbito de la hoja, alcanzan una extensión notable aquellas desarrolladas a favor de los escarpes estructurales.

Se trata de laderas de tipo cantil-talud, desarrollándose en este último una marcada regularización manifestada por una cobertera de material detrítico de escaso espesor, que se hace más abundantes en su parte basal, y que enlaza con los fondos de las "vales". Se han cartografiado como coluviones cuando los depósitos alcanzan un espesor considerable y tienen representación areal.

Las vertientes desarrolladas en la parte SE de la hoja se asocian a litologías muy resistentes, y desarrollan perfiles casi rectilíneos con un enlace brusco con las "vales".

#### 3.2.2.2. Formas fluviales

Los procesos fluviales presentes en la hoja de Maials se encuentran ligados por un lado a una dinámica "extrazonal", de procedencia pirenaica y por otro a condiciones claramente "zonales" propias de un sistema morfoclimático de carácter semiárido (RODRÍGUEZ VIDAL, 1986).

En el primer caso las formas fluviales "extrazonales" están constituidas por los depósitos del río Segre y sus terrazas.

Existen únicamente tres niveles de terraza representados en la margen izquierda, y ocupan una extensión muy limitada en la hoja, pues se han adscritos solamente a la esquina NO.

Los procesos "zonales" son fundamentalmente los de erosión activa, dando lugar a incisiones lineales sobre todo al sur, y de arroyada dado el régimen torrencial, con el consiguiente depósito de material de naturaleza limosa y arcillosa.

En los valles de Vall Major y Sed se conserva un único nivel de terraza a una cota de unos 3-5 m sobre el fondo del actual "val", cuyos depósitos ya han sido descritos en el capítulo de estratigrafía.

### 3.2.2.3. *Formas lacustres*

En la cartografía geomorfológica únicamente se han señalado como formas claramente endorreicas las zonas pantanosas existentes sobre los rellenos detríticos del embalse de Utxesa y Burgebus.

### 3.2.2.4. *Formas poligénicas*

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

Las formas mas destacadas por su gran abundancia son las "vales". Se caracterizan por ser valles secundarios de fondo plano, carentes de concavidad de enlace con las vertientes laterales y rellenos por material detrítico.

En su génesis incluyen procesos aluviales y coluviales de removilización de los suelos de las laderas. ALBERTO GIMÉNEZ *et al.*, 1984, indican también procesos de origen eólico en el relleno de los mismos.

La naturaleza del depósito resulta muy favorable para el cultivo por lo que en la mayoría de los casos se encuentran aterrazados, constituyendo indudablemente el factor antrópico parte importante en la preservación del suelo al ser controlados los procesos denudativos de incisión lineal.

Un rasgo importante a destacar sobre todo en la mitad SO de la hoja en relación con estas formas poligénicas es la presencia de restos de "vales", aislados y separados del resto por un importante escarpe estructural.

Esta situación podría asimilarse a varias etapas sucesivas de encajamiento y relleno de la red fluvial que podrían estar separados por eventos neotectónicos diferentes (levantamiento relativo en el área sureste de la hoja).

Finalmente, se han diferenciado depósitos de génesis aluvial-coluvial cuya diferencia con las vales es simplemente morfológica. Generalmente éstos se ubican en superficies abiertas cuyo sustrato es de naturaleza arcillosa, y adoptan formas totalmente irregulares, de difícil delimitación.

### 3.2.2.5. *Formas antrópicas*

Son pocas las formas antrópicas diferenciadas en la zona, pero siempre están en relación directa con la actividad agrícola que se desarrolla en el área. Aunque algunas no han sido cartografiadas directamente, han contribuido a la configuración actual del paisaje. Es el caso del aterrazamiento transversal de las "vales", que afecta también a parte de las laderas.

Se ha señalado, una zona al NE, donde los bancales contruidos con el fin de retener el suelo y facilitar las labores agrícolas, han modificado la fisiografía del entorno. Este hecho se puede constatar comparando la foto aérea tomada el año 1956 y la del año 1984.

El canal de Serós, constituye otra forma antrópica, constatada en el mapa geomorfológico. Parte de la vecina hoja de Lleida y atraviesa la de Maials por el extremo NO. Sus aguas son utilizadas por los regadíos de la vega del Segre.

### 3.2.3. **Formaciones superficiales**

En apartados anteriores ya se ha realizado una descripción detallada de las características litológicas, forma deposicional y contexto geomorfológico de las formaciones superficiales existentes en el ámbito de la hoja. En éste se comentarán algunos aspectos no tratados anteriormente.

Además del importante depósito asociado a las superficies ubicadas en el sureste de la hoja, cabe destacar otros materiales de menos espesor (hasta 0,5 m) que igualmente tapizan el resto de las superficies estructurales de diversa naturaleza. Se trata de cantos calizos y areniscos de diferente tamaño y muy angulosos englobados a una matriz arcillo-margosa. La naturaleza del depósito es dudosa, dada la fuerte antropización por laboreo agrícola que sufren la mayor parte de las superficies.

Es asimismo frecuente la presencia de suelos pardo-rojizos con abundantes carbonataciones de formas nodulares, aunque nunca llegan a formar verdaderas costras calcáreas. Casi siempre están ligadas a las superficies carbonatadas y a los depósitos descritos anteriormente.

En general todas las laderas están cubiertas por un tapiz de material suelto y poco potente cuya litología está directamente relacionada con la naturaleza de los niveles geológicos sobre los que se acumula.

No obstante, únicamente se han representado en el mapa aquellos coluviones que por su espesor y extensión adquieren cierta entidad cartográfica, y sirven como unidad de enlace entre las laderas y el fondo de las "vales".

## 3.4. EVOLUCION DINAMICA

La ausencia de registro sedimentológico corresponde al Mioceno y Plioceno, hace difícil el establecimiento de la evolución dinámica precuaternaria.

El paso de la cuenca del Ebro de un régimen deposicional endorreico a exorreico tras la salida del río Ebro al Mediterráneo por los Catalánides, debió producirse en el tránsito Mioceno-Plioceno (RIBA *et al.*, 1983). Este momento marca el comienzo de la evolución reciente de la región.

El cambio de régimen de la cuenca del Ebro debió estar acompañado de un levantamiento generalizado, iniciándose simultáneamente un intenso proceso de erosión por parte de la red fluvial existente. Consecuencia de esta etapa resulta la creación de los relieves estructurales diseminados por toda la hoja, a favor de las capas más resistentes a la erosión enmarcadas dentro del sustrato oligoceno de la región.

Los depósitos de terraza del río Segre constituyen los depósitos más antiguos de la hoja de Maials. Aunque están poco representados, se puede atribuir una edad Pleistocena a aquellos topográficamente más elevados, siempre por comparación con los mismos depósitos de la vecina hoja de Lleida.

El resto de las morfologías y depósitos presentes en la región son fruto de las últimas etapas del desarrollo del relieve, correspondiente a una edad Holoceno.

Es reconocible una etapa de encajamiento de la red dentro de este periodo que queda reflejada por la presencia de un nivel de terraza del río Major y Sed, situado a unos 4-5 m del nivel de base fluvial de la actualidad.

Asimismo, en este mismo periodo se puede incluir a las terrazas más bajas y depósitos del río Segre.

Durante el Holoceno se desarrollan las últimas etapas acumulativas, representadas por los depósitos de relleno de las "vales", seguidas de una regularización de las vertientes con la formación de laderas coluvionadas.

Un hecho a resaltar particularmente, es la evidencia de una actividad neotectónica muy reciente, puesta de manifiesto en ciertos rasgos anómalos (capturas) de la red fluvial localizados en la parte centro-sur de la hoja.

### 3.5. MORFOLOGIA ACTUAL Y SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

La presencia de un extraordinario número de "vales" hacen de éstas el elemento geomorfológico más representativo de la hoja.

Afectados en todos los casos por una intensa actividad agrícola, podrían ver modificado su morfología actual al romperse el equilibrio entre los procesos más activos de la zona de erosión-sedimentación, por causas no naturales (antrópicas).

Igualmente sucedería en el caso de los diversos asentamientos agrícolas en laderas de elevada pendiente. En ese caso la pérdida de suelo debido a las fuertes precipitaciones momentáneas alcanzadas en la región, unidas a puntos de deslizamientos y desprendimiento, podrían verse aumentadas para las prácticas agrícolas llevadas a cabo en el área.

Así pues consideramos que la causa principal de posibles cambios morfodinámicos, dada la previsible constancia climática, habría que encontrarlo en la acción antrópica.

#### 4. HISTORIA GEOLOGICA

La hoja de Maials se sitúa en el sector central de la Cuenca del Ebro. Esta cuenca, desde el Paleoceno hasta el Mioceno superior, se constituyó como una cuenca de antepaís, cuya evolución está relacionada con la del orógeno pirenaico (PUIGDEFABREGAS *et al.*, 1986), situado al norte y, también, con la evolución de la Cordillera Ibérica, situada al suroeste y la de 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). Durante el Eoceno en la parte septentrional de la cuenca, conectada con el mar abierto, se registraron dos importantes ciclos transgresivos-regresivos (ANADON y MARZO, 1986) que, originados en la zona pirenaica, alcanzan la zona central del borde oriental de la cuenca. El primer ciclo se registra en el llerdiense, mientras que segundo se originó en el Eoceno medio y superior (REGUANT, 1967; BUSQUETS, 1981; BARNOLAS *et al.*, 1981; TABERNER, 1983).

En el Eoceno superior (Priabonense), la cuenca de antepaís pasa a ser una cuenca endorreica (QUIRANTES, 1969; BIRNBAUM, 1976; CABRERA, 1983; SAEZ, 1987) en la que se han depositado exclusivamente sedimentos continentales, representados por el desarrollo de importantes depósitos lacustres y evaporíticos, en el centro de la cuenca, relacionados con redes fluviales distributivas que se desarrollan a partir de abanicos aluviales situados en los márgenes. Las facies conglomeráticas proximales están afectadas por los movimientos tectónicos y frecuentemente aparecen configurando discordancias angulares y progresivas (ASHAUER y TEICHMÜLLER, 1935; RIBA, 1976; COLOMBO, 1980; ANADON *et al.*, 1986). 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 Maials, pertenecen al Oligoceno superior (Chattense). Estos sedimentos forman parte de las cuatro unidades genético-sedimentarias que se han mencionado en el capítulo de Estratigrafía: U. Castellldans, U. Alfés-Ribarroja, U. Fayón-Fraga y U. Mequinenza-Ballobar. El área de aporte de los materiales aluviales presentes en la hoja es la Cordillera Costero-Catalana.

Dentro del área cartografiada, el registro sedimentario más antiguo, corresponde al de los materiales que configuran la Unidad Castellldans, que están constituidos por facies de conglomerados y areniscas que hacia el norte y NO pasan lateralmente a facies predominantemente lutíticas y carbonatadas edafizadas que reflejan una disminución del aporte detrítico de los sistemas aluviales.

Los materiales fluvio-aluviales que constituyen la base de la Unidad Alfés-Ribarroja, indican la existencia de un período de reactivación de los sistemas aluviales. Por el contrario, las facies lacustres (terrígenas y carbonatadas) que forman su parte superior, reflejan una pro-

gresiva disminución de la actividad fluvial en la cuenca, a favor de un aumento en las condiciones de sedimentación lacustre, que tuvo lugar en la misma durante el Chattienense.

Los materiales suprayacentes, corresponden a las facies aluviales, predominantemente canalizadas, que forman la parte inferior de la unidad Fayón-Fraga, que reflejan una nueva reactivación de los sistemas aluviales hacia el centro de la cuenca. Su evolución vertical de facies, es parecida a la de la unidad precedente ya que su techo, está constituido por materiales lacustres y palustres, tanto terrígenos como carbonatados, que hacia la vecina hoja de Mequinenza se encuentran bien desarrollados. Dentro de este ambiente lacustre, se dan unas condiciones favorables para la formación de lignitos (lignitos de Mequinenza).

Con la sedimentación de la base de la unidad Mequinenza-Ballobar, que en esta zona está formada por conglomerados y areniscas y por facies de llanura de inundación, queda reflejado el inicio de un nuevo período de reactivación de los sistemas aluviales, durante el Chattienense superior.

Desde este momento y hasta el Cuaternario, no existe registro sedimentario en la hoja de Maials. 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 NO de la zona estudiada.

Por consideraciones regionales puede deducirse que a partir del Aragonienense, el campo de esfuerzos regional corresponde a un estado distensivo que se prolonga hasta el Cuaternario (SIMON 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 asociados a los cauces fluviales principales.

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

## **5. GEOLOGIA ECONOMICA**

### **5.1. RECURSOS MINERALES**

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

En el área de esta hoja tan sólo la anhidrita cortada por el sondeo petrolífero Maials-1 entra

dentro de este apartado. Posiblemente todas las series evaporíticas del Paleógeno de la Cuenca estén representadas en los cinco tramos de anhidrita intersectados a partir de los 300 m de profundidad.

### 5.1.2. **Minerales energéticos**

La superficie de la hoja aunque parcialmente intersectada por permisos de exploración para lignitos, nº 2576 (cancelado) y 2586 (Z) - 3986 (L), no registra afloramientos catalogables como indicios. Ni tampoco labores o registros conocidos.

### 5.1.3. **Rocas industriales**

El ITGE actualmente tan solo conserva referencia fichada de dos explotaciones: una abandonada de arenisca para su utilización como roca de construcción situada en las cercanías de Juncosa (indicio nº 9) que explotaba una potencia de 4 m sobre serie molásica de naturaleza calcarenítica, sin especial relieve. Otra explotación semiactiva de caliza y situada en el término de Saroca se utiliza para la obtención de áridos de machaqueo con destino al mercado próximo.

Ha existido otra explotación de arenisca de similar naturaleza y uso en las proximidades de Grañena (indicio nº 5). Y también las habituales explotaciones de materiales arcillosos, más propiamente limolitas molásicas, para su utilización en cerámicas locales para la fabricación de ladrillos y tejas; de ellas se tiene referencia de siete, de las que únicamente la situada en el término de Granadella (nº 10) ha mantenido actividad reciente de alguna entidad.

## 5.2. **HIDROGEOLOGIA**

No existe en la hoja ningún sistema acuífero definido a escala regional, excepto en el extremo noroccidental de la misma, en el que afloran terrazas aluviales pertenecientes al sistema acuífero nº 62: "Aluvial del Ebro y afluentes" y que se encuentran asociados al río Segre que discurre por los vecinas hojas de Lleida y Mequinenza.

El resto de materiales cuaternarios presentes en la hoja (glacis, coluviones y rellenos de valle) tienen una permeabilidad media aunque sus pequeñas superficies de afloramiento y espesores reducen su interés hidrogeológico.

Las formaciones terciarias son de permeabilidad muy baja y únicamente los niveles detríticos más gruesos presentes dentro de algunas de estas formaciones tienen cierta permeabilidad.

Debido a las características señaladas, los principales estudios hidrogeológicos llevados a cabo en la zona se han restringido a las hojas vecinas en relación con los aluviales de los ríos Cinca y Segre.

Existen un total de 44 puntos de agua inventariados en la hoja (24 sondeos, 19 pozos y 1 galería) cuya distribución por octantes es la siguiente:

MINERALES METALICOS Y NO METALICOS						
Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
41	X: 294.040 Y: 4578.280 Z: 375 m	Anhidrita	Maials (L)	Evaporítico del Paleogeno	Anhidrita	Intersectada en cinco niveles por el sondeo de petróleo Maials-1 (1979)

ROCAS INDUSTRIALES						
Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
1	X: 313.575 Y: 4595.975 Z: 370 m	Arcilla común	Castelldans (L)	Estratiforme	—	Antigua labor para tejar
2 (145)	X: 295.100 Y: 4595.700 Z: 180 m	Caliza	Sarroca (L)	—	—	Explotación pequeña semiac-tiva para áridos de machaqueo nº de registro 7741
3	X: 298.325 Y: 4594.700 Z: 235 m	Arcilla común	Sarroca (L)	Estratiforme	—	Antigua labor para tejares
4	X: 308.300 Y: 4592.450 Z: 280 m	Arcilla común	Cogull (L)	Estratiforme	—	Antigua labor para tejar

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

ROCAS INDUSTRIALES (continuación)						
Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
5 (149)	X: 304.675 Y: 4589.625 Z: 380 m	Arenisca	Grafeña (L)	—	—	Labor inactiva para la obtención de piedra de construcción
6 (151)	X: 1295.525 Y: 4583.650 Z: 420 m	Arcilla común (Arenisca)	Llardecans (L)	—	—	Labor inactiva que lo fué para piedra arenisca y también para arcilla de tejar
7	X: 291.750 Y: 4582.725 Z: 380 m	Arcilla común	Maials (L)	—	—	Antigua labor para tejares
8	X: 295.500 Y: 4583.075 Z: 390 m	Arcilla común	Llardecans (L)	Estratiforme	—	Antigua labor para tejar
9 (148)	X: 312.250 Y: 4583.375 Z: 490 m	Arenisca	Juncosa (L)	—	—	Labor inactiva que obtenía piedra para la construcción. N° de registro 7714
10	X: 303.550 Y: 4580.675 Z: 520 m	Arcilla común	Granadella (L)	Estratiforme	—	Antigua labor para tejar

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

OCTANTE	Nº DE PUNTOS			TOTAL
	SONDEOS	POZOS	GALERIAS	
1	8	—	—	8
2	6	2	1	9
3	3	2	—	5
4	3	1	—	4
5	1	4	—	5
6	—	1	—	1
7	1	3	—	4
8	2	6	—	8
<b>TOTAL</b>	24	19	1	44

### 5.2.1. Climatología

La red de control instalada por el Instituto Nacional de Meteorología dentro del área consta de 14 estaciones (10 pluviométricas y 4 termopluviométricas).

La precipitación media anual se sitúa entre los 350 y 450 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 es de 22-26°C.

El clima es de tipo Mediterráneo Continental Templado, con un invierno tipo Avena cálido y verano tipo Arroz (clasificación de J. PAPADAKIS). En cuanto al régimen de humedad, queda definido como Mediterráneo Seco.

### 5.2.2. Hidrología

La red hidrográfica presente en la hoja es de carácter estacional en su totalidad. Unicamente en la esquina noroccidental llega a aparecer el río Segre.

Todo el territorio está incluido en la cuenca del río Ebro. El sector suroccidental vierte al Ebro directamente y el resto del área vierte al río Segre.

### 5.2.3. Características hidrogeológicas

#### 5.2.3.1. Depósitos aluviales del río Segre

Forman parte del sistema acuífero nº 62 "Aluvial del Ebro y Afluentes", definido por el ITGE (1978), concretamente pertenecen a la unidad denominada "Bajo Segre". Este sistema se

encuentra representado únicamente en el extremo noroccidental de la hoja y alcanza su mayor desarrollo en las hojas vecinas de Lleida, al norte, y Mequinzenza, al oeste.

Según los datos obtenidos en el PIAS, la extensión total del acuífero del "Bajo Segre" es de 110 km<sup>2</sup>, con unos recursos de 48 Hm<sup>3</sup>/año y unas reservas de 55 Hm<sup>3</sup>.

#### 5.2.3.2. *Otros depósitos cuaternarios*

Entre estos depósitos se encuentran aquellos relacionados con piedemontes, conos de deyección, coluviones, glaciares 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 poco desarrollo superficial por lo que tienen unos recursos hídricos muy limitados y capaces de atender tan sólo demandas pequeñas.

#### 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 de permeabilidad muy baja: está formado por las unidades cartográficas 1, 4, 6, 7, 9, 11, 13, 15 y 17 en las que existe un predominio muy claro de materiales limosos y arcillosos.
- Materiales de permeabilidad baja: está constituido por las unidades cartográficas 2, 3, 5, 8, 10, 12, 14 y 16. Presentan un contenido arenoso o conglomerático importante que posibilita la existencia de ciertos recursos en dichas unidades aunque su escaso desarrollo superficial y reducido espesor limita la importancia de los mismos.

A pesar de esta diferenciación, el Terciario en su conjunto presenta unas características hidrogeológicas de poco interés. 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**

En general las aguas subterráneas de la zona están muy mineralizadas. En cuanto a la facies hidroquímica, se observa una zonación de modo que en el sector suroriental de la hoja las aguas son predominantemente biocarbonatadas cálcicas mientras que, en el resto de la hoja, la composición aniónica es sulfatada o en algún caso sulfatada-clorurada siendo la composición catiónica más variable, con cierto dominio de las aguas magnésicas y sódicas frente a las cálcicas.

### 5.3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES

En la hoja de Maials 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 se han diferenciado las características geotécnicas más importantes de los materiales de la hoja.

#### AREA I

Comprende los depósitos terciarios con predominio de facies arenosas y margo-carbonatadas que no constituyen relieves de importancia.

Dentro de este área se pueden distinguir las siguientes zonas:

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

A ella pertenecen las unidades cartográficas (1), (3), (6), (7), (8), (11), (12), (15) y (16).

Está constituida por arcillas con paleocanales de areniscas, en ocasiones amalgamados y algunos niveles centimétricos de caliza.

Es una zona compuesta por capas y bancos subhorizontales, de pendientes suaves. Esta disposición facilita el ripado, sobre todo en los tramos lutíticos y de estos con niveles de areniscas poco potentes, en los niveles de canales amalgamados la ripabilidad es baja.

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

La estabilidad en desmontes es deficiente, sobre todo por desprendimiento de bloques, debido a la erosión diferencial sobre los bancos más blandos.

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

A ella pertenecen las unidades cartográficas: (4), (9), (13) y (17).

Está constituida por calizas con intercalaciones de margas, en capas de escasos centímetros. Disposición subhorizontal.

No presenta problemas de ripabilidad, por la escasa potencia de los niveles carbonatados.

Posee mal drenaje profundo, debido a la impermeabilidad de las margas. Capacidad de carga moderada pudiendo aparecer en cimentaciones asientos diferenciales.

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

A ella pertenecen las unidades cartográficas: (2), (5), (10) y (14).

Está constituida por conglomerados y areniscas en bancos de 5 m de potencia media, con intercalaciones arcillosas.

Esta unidad se comporta como no ripable, sobre todo en las zonas en que los tramos conglomeráticos presentan una cimentación elevada.

Posee mal drenaje profundo, debido a la impermeabilidad de los niveles arcillosos. La capacidad de carga es elevada.

La alternancia de tramos coherentes e incoherentes, puede ocasionar el desprendimiento de bloques de los tramos resistentes, por la socavación de los incoherentes.

### *AREA II*

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

Se han distinguido las siguientes zonas:

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

Está formada por las unidades cartográficas: (18), (19), (20), (21) y (22).

Está constituida por bloques y cantos redondeados de rocas metamórficas y carbonatadas y arenas.

Presentan morfología de terrazas. Esta formación es perfectamente ripable y estos 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 II<sub>2</sub>*

Está formada por la unidad cartográfica: (27).

Está constituida por cantos con matriz limo-arcillosa.

La ripabilidad de estos depósitos es elevada y la permeabilidad del conjunto es de media a alta y no presenta problemas de drenaje. Los taludes actuales son bajos.

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

Está formada por las unidades cartográficas: (24), (25) y (26).

Está constituida por limos, arcillas, arenas y gravas.

Estos depósitos rellenan cauces fluviales y son, por lo general, poco potentes.

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 II<sub>4</sub>*

Está formada por la unidad cartográfica: (23).

Está constituida por arcillas y limos. Corresponden a fondos de origen endorreico, en disposición horizontal.

Representan zonas inundables, debido a su baja permeabilidad y mal drenaje superficial.

Puede presentar problemas de asentos y de agresividad en los hormigones por la presencia de yesos.

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

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

La comarca se caracteriza por un relieve en cuestras que finaliza en el sector meridional con relieves de mayor altitud.

La litología representada es variada (detrítica, química y orgánica) y su distribución está controlada por el desarrollo de abanicos aluviales. Así, ruditas y arenitas que predominan en el sector SE van perdiendo importancia al NO donde alternan con lutitas y calizas. Las rocas orgánicas se sitúan intercaladas entre areniscas y facies carbonatadas.

Teniendo en cuenta estas características generales de la hoja, además de un conocimiento más amplio de la geología de la región 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 4 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 escogió 1 de los 4 P.I.G. iniciales considerando que era el que mejor representaba los procesos geológicos de la hoja.

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

AREAS	ZONAS	UNIDADES CARTOG.	LITOLOGIA	ESTRUCTURA	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
I	I <sub>1</sub>	(1), (3), (6), (7), (8), (11), (12), (15) y (16)	Arcillas con paleocanales de areniscas	Capas subhorizontales	Formación fácilmente ripable a excepción de los bancos potentes de canales amalgamados. Drenaje superficial y profundo deficiente. Estabilidad en desmontes deficiente
	I <sub>2</sub>	(4), (9), (13) y (17)	Calizas con intercalaciones de margas	Disposición subhorizontal	Materiales de ripabilidad elevada. Deficiente drenaje tanto en profundidad como superficial
	I <sub>3</sub>	(2), (5), (10) y (14)	Conglomerados y areniscas con intercalaciones arcillosas	Capas subhorizontales	Formación no ripable. Capacidad de carga elevada. Mal drenaje profundo. Desprendimiento de bloques por descalce
II	II <sub>1</sub>	(18), (19), (20), (21) y (22)	Bloques y cantos redondeados y arenas	Morfología de terrazas	Formación ripable. Materiales aptos para la obtención de gravas y préstamos. Admite taludes prácticamente verticales. Elevada permeabilidad
	II <sub>2</sub>	(27)	Cantos con matriz limo-arcillosa	Coluviones	Ripabilidad elevada. Permeabilidad mediana a alta. Taludes bajos
	II <sub>3</sub>	(24), (25) y (26)	Limos, arcillas, arenas y gravas	Relleno de cauces poco potentes	Ripabilidad elevada. Permeabilidad de mediana a alta. No presenta problemas de drenaje. Los taludes naturales son por lo general bajos
	II <sub>4</sub>	(23)	Arcillas y limos	Zonas endorreicas	Zona inundable y con mal drenaje superficial. Puede presentar problemas de asentamientos y de agresividad a los hormigones

Sistema de terrazas del río Segre de los cuales sólo 3 niveles están representados en la esquina NO de la hoja de Maials.

Se caracterizan por tener una potencia en torno a los 4 m y el depósito está compuesto por cantos polimícticos bien redondeados con tamaños de hasta 20 cm y modas de 5-6 cm con matriz limo-arenosa. Generalmente culminan en un material arcillo-arenoso afectado por procesos de bioturbación (raíces).

Son característicos asimismo los procesos de *piping* en algunas zonas del depósito.

## 7. GEOFISICA Y SONDEOS

La información del subsuelo de origen geofísico en esta hoja es muy reducida, ya que sólo se cuenta con una gravimetría desarrollada durante el año 1962. La densidad de malla de 4 estaciones/km<sup>2</sup> ofrece un buen detalle, apreciándose la existencia de un marcado máximo en la parte central de la hoja. El sector oriental de la hoja tiene una información gravimétrica procedente de una Campaña realizada por el por el Servei Geològic de Catalunya con una densidad de malla muy baja (0,07 estaciones/km<sup>2</sup>) dado que la escala de trabajo es a 1:500.000.

A diferencia de las hojas más orientales y septentrionales, en ésta no existe información de diagrfías, al no haber sondeos, ni líneas sísmicas.

CUADRO RESUMEN DE LA INFORMACION GEOFISICA	
SONDEOS	NO HAY
LINEAS SISMICAS	NO HAY
GRAVIMETRIA	4 estaciones/km <sup>2</sup> (1962)
SEDT	NO HAY

## 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.
- ALVAREZ-SIERRA, M.A., DAAMS, R., LACOMBA J.I., LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., VAN DER MEULEN, A.J., SESE, C. y DE VISSER, J. (1990). Paleontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta. Geologica.* 94: 75 pp.
- ANADÓN, P.; COLOMBO, F.; 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.; CABRERA, LL.; GUIMERA, J. y SANTANACH, P. (1985). Paleogene strike-slip deformation and sedimentation along the southeastern margin of the Ebro Basin. In: K. Biddle and N. Christie-Blick (eds.). *Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation. Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Mineralogists*, 37: 303-318.
- ANADÓN, P. y MARZO, M. (1986). Sistemas deposicionales eocenos del margen oriental de la Cuenca del Ebro: sector Igualada- Monserrat. En: P. Anadón y Ll. Cabrera (eds.). *Guía de las excursiones del XI Congr. Esp. de Sediment.* Exc. n. 4, 59 pp.
- ANADÓN, P.; CABRERA, LL.; COLOMBO, F.; MARZO, M. y RIBA, O. (1986). Syntectonic intradeformational unconformities in alluvial fan deposits. Eastern Ebro Basin margins (NE Spain). In: Ph. Allen and P. Homewood (eds.). *Foreland basins. Spec. Publ. I.A.S.*, 8: 259-271.
- ANADÓN, P.; VIANEY-LIAUD, M.; CABRERA, LL. y HARTENBERGER, J.L. (1987). Gisements à vertébrés du Paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie. *Paleontología i Evolució*, t.21, pp. 117-131.
- ASHAUER, H. y TEICHMÜLLER, R. (1935). Die variscische und alpidische Gebirgsbildung Kataloniens. *Abh. Gesells. Wiss. Gottingen, Mat. Phys.*, K1, III, 78 pp.
- AZANZA, B.; CANUDO, J.I. y CUENCA, G. (1988). Nuevos datos bioestratigráficos del Terciario continental de la Cuenca del Ebro (sector centro-occidental). *II Congreso Geológico de España.* Granada. Vol. 1, pp. 261-264.
- BARNOLAS, A., BUSQUETS, P. y SERRA-KIEL, J. (1981). Características sedimentológicas de la terminación del ciclo marino del Eoceno superior en el sector oriental de la Depresión del Ebro (Catalunya, NE España). *Acta Geol. Hisp.* 16, 215-221
- BIRNBAUM, S.J. (1976). *Non-marine evaporite and carbonate deposition, Ebro Basin, Spain.* Tesis doctoral, Univ. Cambridge.

- BUSQUETS, P. (1981). *Estratigrafia i Sedimentologia del terciari pre-pirineu entre els rius Llobregat i Freser-Ter*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona, 543 pp.
- CABRERA, LL. (1983). *Estratigrafia y sedimentologia de las formaciones lacustres del tránsito Oligo-Mioceno del SE de la Cuenca del Ebro*. Tesis doctoral, Univ. Barcelona. 443 pp.
- CLAVER, I.; AGUILÓ, M.; ARAMBURU, M.P.; AYUSO, E.; BLANCO, A.; CALATAYUD, T.; CEÑAL, M.A.; CIFUENTES, P.; ESCRIBANO, R.; FRANCES, E.; GLARIS, G.; GONZÁLEZ, S.; LACOMBA, E.; MUÑOZ, C.; ORTEGA, C.; OTERO, S.; 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). *Estratigrafia y sedimentologia del Terciario inferior continental de los catalánides*. Tesis doctoral. Univ. de Barcelona. 608 pp. Inédito.
- CRUSAFONT, M. y TRUYOLS, J. (1964). Les Mammifères fossiles dans la stratigraphie du Paléogène continental du Bassin de l'Ebre (Espagne). Coll. Sur le Paléogène. *Mem. Bur. Rech. Geol. Min.*, 28.
- 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*, nº 6, pp. 75-77.
- CUENCA, G., CANUDO, J.I., LAPLANA, C. y ANDRÉS, J.A. (1992). Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geol. Hisp.*, v 27 (1-2), pp. 127-143.
- ENADIMSA (1984). Investigación de lignitos en el área de Mequinzenza (Zaragoza, Huesca, Lérida) (inédito).
- ENRESA (1989). Estudio de las formaciones favorables de la región del Ebro y Pirineo alóctono (E.R.A.) (inédito).
- FERRER, J. (1971). El Paleoceno y el Eoceno del borde sur-oriental de la Depresión del Ebro (Cataluña). *Mem. Suiss. Paleontol.* 90: 70 p. Basilea.
- GUIMERA, J. (1988). *Estudi estructural de l'enllaç entre la Serralada Ibèrica i la Serralada Costanera Catalana*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona. 600 pp. Inédito.
- IGME (1975). Estudio geológico y minero del área lignífera de Calaf (inédito).
- IGME (1975). Proyecto de investigación de radioactivos del área lignífera y uranífera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).

- IGME (1976). Área lignitífera y uranínífera 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).
- ITGE (1978). Plan de Investigación de Aguas Subterráneas. *Informe técnico n° 6*. Estudio hidrogeológico del Sistema acuífero 62. Aluvial del Ebro y Afluentes.
- J.E.N. (1977). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníníferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- J.E.N. (1977). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníníferas 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).
- LLOPIS, N. (1947). Contribución al conocimiento de la morfoestructura de los Catalánides. *CSIC. Instituto Lucas Mallada*, 372 p.
- PUIGDEFÁBREGAS, 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.
- REGUANT, S. (1967). El Eoceno marino de Vic (Barcelona). *Men. Inst. Geol. Min. Esp.* 68, 330 pp.
- RIBA, O. (1955). El Terciario continental de la Rioja alta y de la Bureba. *Informe n° 97*, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1961). Geological Report on the Continental Tertiary of the Western Ebro Basin and Neighbouring Basins. Report CV-131, CIEPSA (inédito).

- RIBA, O. (1973). Las discordancias sintectónicas del Alto Cardener (prepirineo catalán); ensayo de interpretación evolutiva. *Acta Geológica Hispánica*. T-VIII, nº 3, pp. 90-99.
- 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.
- SAEZ, A. (1987). *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Eoceno-Oligoceno del NE de la Cuenca del Ebro*. Tesis doctoral. Univ. Barcelona 2 tomos.
- SCHMIDT-KITTLER, N. (1987). European reference levels and correlation tables. International Symposium on Mammalian Biostratigraphy and Paleocology of the European Paleogene. Mainz, February 18 th. 21 st 1987. *Münchner. Geowiss. Abh.* (A), 10: 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.
- TABERNER, C. (1983). *Evolución ambiental y diagenética de los depósitos del Terciario inferior (Paleoceno y Eoceno) de la Cuenca de Vic*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, 1400 pp.
- 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.