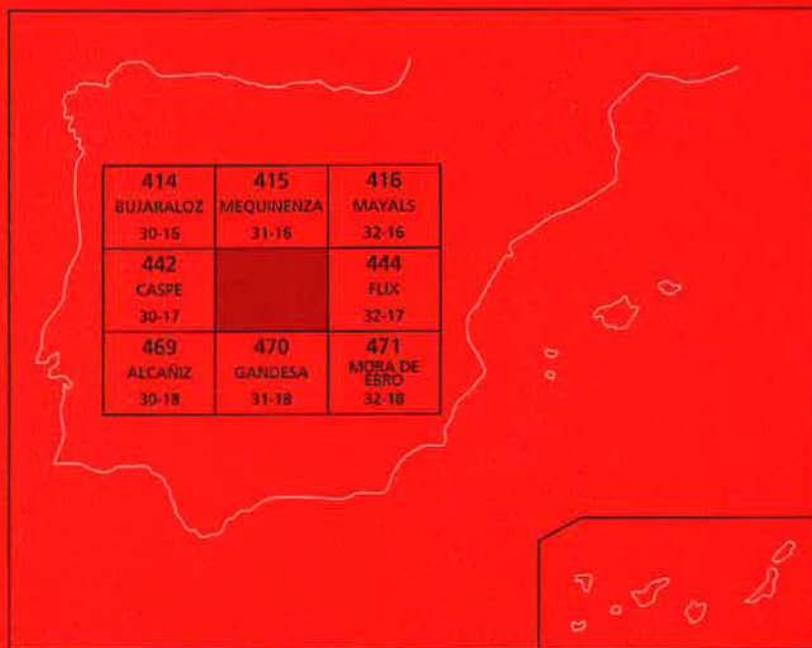




## MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



# FABARA

# MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

# FABARA

© INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M-25.326-1997

ISBN: 84-7840-304-3

NIPO: 241-96-007-6

Fotocomposición: Cartografía Madrid, S. A.

Impresión: Hispagraphis, S. A.

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Fabara (443) han sido realizados, durante 1991 y 1992 por la Compañía General de Sondeos S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

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

**Mapa Geomorfológico:** H. Pascual Muñoz (C.G.S.)

**Memoria\*:**

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

Geomorfología: H. Pascual Muñoz (C.G.S.)

Tectónica: J. J. Navarro (C.G.S.)

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

Hidrogeología: J.C. González Llamazares (C.G.S.)

Geología Económica: A. García Villar (C.G.S.)

Geotecnia: A. Hernández Samaniego (C.G.S.)

Han colaborado en aspectos parciales:

Sedimentología de laboratorio: H. Pascual Muñoz y A. van den Hurk (C.G.S.)

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.....	7
1. ESTRATIGRAFIA .....	9
1.1. Terciario .....	12
1.1.1. Unidad Alfés-Ribarroja .....	12
1.1.1.1. Areniscas y arcillas rojas (1). (Chattiense).....	15
1.1.1.2. Paleocanales de arenisca de grano grueso y microconglomerados (2). (Chattiense).....	15
1.1.1.3. Calizas palustres (3). (Chattiense).....	16
1.1.2. Unidad Fayón-Fraga .....	16
1.1.2.1. Paleocanales de arenisca y arcillas rojas (4). (Chattiense) .....	18
1.1.2.2. Arcillas rojas con niveles edáficos. Calizas y areniscas (5). (Chattiense).....	19
1.1.2.3. Alternancia de calizas, margas, areniscas calcáreas y lignitos. (6). (Chattiense) .....	20
1.1.3. Unidad Mequinenza-Ballobar .....	22
1.1.3.1. Alternancia de arcillas versicolores, areniscas y calizas. (7). (Chattiense).....	24
1.1.3.2. Paleocanales de arenisca (8). (Chattiense).....	25
1.1.3.3. Alternancia de calizas, margas y areniscas calcáreas. (9). (Chattiense).....	25
1.1.3.4. Calizas y calizas arenosas (10). (Chattiense).....	26
1.1.3.5. Alternancia de calizas y margas (11). (Chattiense).....	27
1.1.4. Unidad Torrente de Cinca - Alcolea de Cinca .....	27
1.1.4.1. Areniscas y lutitas rojas (12). (Chattiense-Ageniense) .....	28
1.1.4.2. Calizas y margas, esporádicamente arcillas. (13). (Chattiense-Ageniense).....	31
1.1.5. Unidad Galocha-Ontiñena.....	31
1.1.5.1. Calizas, margas y arcillas rojas con yeso nodular. (14). (Ageniense) .....	32
1.2. CUATERNARIO .....	34
1.2.1. Carbonatos. Costras calcáreas. Pleistoceno .....	34

1.2.2. Gravas y cantos con matriz limo-arcillosa. Glacis. Pleistoceno .....	34
1.2.3. Gravas y cantos con matriz margo-arenosa. Terrazas. Pleistoceno-Holoceno .....	36
1.2.4. Cantos con matriz limo-arcillosa. Coluviones y conos de deyección. Limos y arcillas con cantos. Depósitos aluvial-coluvial. Holoceno .....	36
1.2.5. Arenas, limos y arcillas con cantos. Aluviales y fondos de vales. Holoceno .....	36
2. TECTONICA .....	37
2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL .....	37
2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA .....	38
2.3. EVOLUCION TECTONICA.....	39
2.4. NEOTECTONICA.....	40
3. GEOMORFOLOGIA .....	41
3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA .....	41
3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO .....	41
3.2.1. Estudio morfoestructural .....	42
3.2.2. Estudio del modelado .....	42
3.2.2.1. Laderas .....	42
3.2.2.2. Formas fluviales.....	43
3.2.2.3. Formas poligénicas.....	44
3.2.2.4. Formas antrópicas.....	44
3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES .....	45
3.4. EVOLUCION DINAMICA .....	45
3.5. MORFOLOGIA ACTUAL Y SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS .....	46
4. HISTORIA GEOLOGICA .....	47
5. GEOLOGIA ECONOMICA .....	49
5.1. RECURSOS MINERALES .....	49
5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos .....	49
5.1.2. Minerales energéticos .....	49
5.1.3. Rocas industriales.....	51
5.2. HIDROGEOLOGIA.....	51
5.2.1. Climatología .....	56
5.2.2. Hidrología .....	57
5.2.3. Características hidrogeológicas.....	57
5.2.3.1. Depósitos cuaternarios.....	57
5.2.3.2. Materiales terciarios .....	58
5.2.4. Hidrogeoquímica .....	58
5.3. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS GENERALES.....	58
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.)	60
7. GEOFISICA Y SONDEOS .....	62
8. BIBLIOGRAFIA .....	64

---

## 0. INTRODUCCION

El territorio que comprende la hoja de Fabara del mapa topográfico 1:50.000, se halla situado entre los paralelos  $41^{\circ}20'04''$ ,3 y  $41^{\circ}10'04''$ ,2 y los meridianos  $0^{\circ}08'49''$ ,5 y  $0^{\circ}28'49''$ ,4. Su territorio se reparte administrativamente entre las provincias de Lleida, Tarragona y Zaragoza.

El río Ebro separa la zona nor-oriental del resto de la hoja. El río Matarranya discurre por el suroeste de la hoja, confluyendo con el Ebro en las inmediaciones de Fayón. Esta hoja es de orografía muy accidentada y los vértices más altos se encuentran en el sector SE (Tosalets, 509 m), NE (Escambrón, 492 m) y, también, en el NO (Punta Plana 434 m y Vesecri 439 m). El margen sureste tiene alturas superiores a los 500 m, mientras que el área más baja, el embalse de Flix, se encuentra a 41 m sobre el nivel del mar.

El clima es de tipo continental árido, o sea con escasas lluvias estacionales de carácter torrencial, temperaturas de invierno y de verano bastante extremas, además de un elevado contraste térmico entre las medias más frías y más calurosas. La pluviosidad es muy baja. Por otro lado la inversión térmica es importante en el período invernal y, por lo tanto, las nieblas suelen ser frecuentes. La vegetación consiste en matorros, arzones, carrasquillas y pino blanco. El cuadrante SE está ocupado por un espeso bosque de carrasca y pino.

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

Un conjunto de 11 términos municipales comprenden la hoja de Fabara. El más importante es el de Fabara con 1617 h. Sin embargo, solamente hay 5 poblaciones: Almatret (821 h), Fayón (556 h), Fabara (1617 h), Nonaspe (1412 h) y La Pobla de Masaluca (550 h).

Los materiales que configuran la zona cartografiada tienen una edad comprendida entre el Oligoceno superior (Chattienense) y el Mioceno inferior (Aquitaniense). Se hallan parcialmente recubiertos por sedimentos de edad cuaternaria. En todo el área, los sedimentos terciarios

consisten en una alternancia de facies terrígenas aluviales y de facies margo-carbonáticas de origen lacustre-palustre. Las primeras son más abundantes en la mitad occidental del territorio, donde tienen una procedencia de la Cordillera Ibérica. En la mitad oriental dominan los sedimentos carbonatados, correspondientes al depocentro de sedimentación lacustre denominado como Sistema lacustre de Los Monegros (CABRERA, 1983).

Los principales depósitos cuaternarios consisten en diversos niveles de terrazas, sobre todo desarrolladas en el río Matarraña, depósitos aluviales y de fondo de "val", o valles de fondo plano, y depósitos coluviales.

La distribución de facies expuesta anteriormente es la que condiciona la geomorfología general de la zona. De esta forma, en el sector oriental, donde predominan los materiales margo-carbonáticos, existe una fuerte incisión tanto de los cauces de la red principal, como los de la red secundaria. Por el contrario en el sector occidental, donde predominan los materiales terrígenos, los cauces están menos incididos y la topografía presenta una menor altitud.

Los depósitos terciarios que afloran en el territorio presentan un buzamiento general, en el tercio NE de la hoja, del orden de 1° hacia el O-NO. En la franja central, este buzamiento se suaviza, y luego se vuelve a recuperar en el sector nor-occidental, con un valor de 1° hacia el NO. Por el contrario, en la parte meridional de la hoja, los buzamientos oscilan entre 1° y 3°, hacia el N-NO y el O-NO, siendo más acusados, en el sector SE.

El área cartografiada se encuentra situada en la franja fronteriza catalano-aragonesa de la Cuenca del Ebro, concretamente en su sector centro-meridional. La Cuenca del Ebro corresponde a los últimos estadios de evolución de la cuenca de antepaís meridional del Orógeno Pirenaico (PUIGDEFABREGAS *et al.*, 1986), actuando como centro de depósito de los materiales procedentes del desmantelamiento de ésta cordillera y también de otras áreas marginales: Los Catalánides, situados al sureste y de la Cordillera Ibérica, al suroeste. De esta forma, en la zona cartografiada existen tres áreas de aporte representadas por un conjunto respectivo de sistemas deposicionales fluviales que, dentro de esta hoja, se interdigitan con materiales lacustres.

Entre los trabajos previos relativos a la cartografía geológica de la Cuenca endorreica del Ebro cabe citar a los de RIBA (1955 y 1961) para el sector occidental de la Cuenca (Corredor de la Bureba y subcuencas de Miranda y de Treviño), el de QUIRANTES (1969, publicado en 1978) para el sector central de la Cuenca, los de la J.E.N. (1977a, b) para la mitad septentrional de los sectores central y oriental de la Cuenca, los del IGME (1975, 1985) en las cuencas lignitíferas de Calaf y Mequinenza, el de la J.E.N. (1979-81) para el sector sur-oriental. Trabajos posteriores IGME (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 la realización de la hoja de Fabara se han utilizado las técnicas habituales en estudios cartográficos, estratigráficos, sedimentológicos, tectónicos y geomorfológicos.

## 1. ESTRATIGRAFIA

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

Consisten en una alternancia de materiales de origen aluvial y de sedimentos de origen lacustre-palustre. Como se ha comentado anteriormente, en la mitad oriental de la hoja prevalecen los materiales lacustres, ya que en este área se halla situado el Sistema lacustre de Los Monegros (CABRERA, 1983). Los sedimentos aluviales que, en esta parte oriental, se interdigitan con los lacustres, proceden de Los Catalánides. En la mitad occidental de la zona, por el contrario predominan las facies fluviales, cuya área fuente se encuentra en la Cordillera Ibérica. Existe, pues, un cambio gradual de facies entre las facies fluviales del sector occidental y las facies lacustres del oriental.

En todo el territorio cartografiado, los materiales que lo configuran, según la sucesión estratigráfica, se ordenan de una forma rítmica. En base al estudio de esta ritmicidad, se han podido distinguir dentro del área 5 unidades sedimentarias. A grandes rasgos, cada una de éstas está formada en la base por sedimentos terrígenos de origen aluvial y, en el techo, por sedimentos de origen lacustre, carbonáticos o terrígenos. Estas unidades se han denominado como "Unidades genético-sedimentarias".

El límite entre cada unidad rítmica es neto y brusco, mientras que el tránsito de unas facies a otras dentro del propio ritmo, tiene lugar de forma gradual.

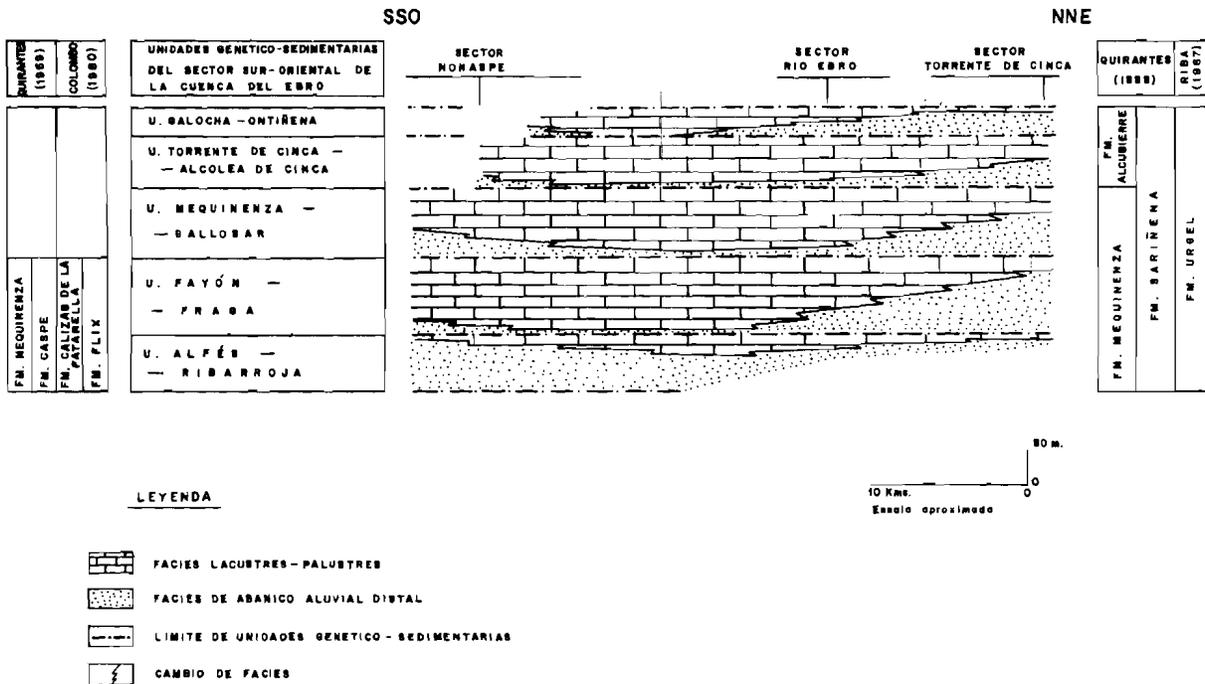
Trabajando bajo este punto de vista, se han diferenciado en la parte central de la cuenca del Ebro un total de veinte unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendida entre el Priaboniense y el Aragoniense-Vallesiense. De todas éstas, sólo cinco se hallan presentes en la hoja y tienen una edad comprendida entre el Oligoceno superior (Chattienense) y el Mioceno inferior (Aquitaniense). Estas unidades reciben, de base a techo, los nombres de: Unidad Alfés-Ribarroja, Unidad Fayón-Fraga, Unidad Mequinenza-Ballobar, Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca y Unidad Galocha-Ontiñena (ver Figuras 1 y 2).

Dentro del área cartografiada aflora la parte superior de la Unidad Alfés-Ribarroja, la totalidad de las Unidades Fayón-Fraga, Mequinenza-Ballobar (Almatret), Torrente de Cinca-

EDAD			UNIDADES GENETICO SEDIMENTARIAS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS			DESCRIPCION DE LAS LITOLOGIAS HOJA DE FABARA	YACIMIENTOS PALEONTOLOG.
SERIE	PISO	U. MEIN		Quirantes (1969)	Colombo (1980)			
OLIGOCENO	CHATTIENSE	MN-2a MN-1	U. GALOCHA-ONTIÑENA	Fm. Alcuibierre Mb. Bujaraloz			14. Calizas, margas y arcillas rojas con yeso nodular.	- Ontiñena.
			U. TORRENTE DE CINCA-ALCOLEA DE CINCA				13. Calizas y margas con esporádicas arcillas. 12. Areniscas y lutitas rojas.	- Fraga 11 (1)
			U. MEQUINENZA-BALLOBAR				11. Alternancia de calizas y margas 10. Calizas y calizas arenosas. 9. Alternancia de calizas, margas y areniscas calcáreas. 8. Canales de areniscas. 7. Alternancia de arcillas versicolores, areniscas y calizas.	- Fraga 6-7 (1)
			U. FAYON-FRAGA				6. Alternancia de arcillas versicolores, areniscas calcáreas y lignitos. 5. Arcillas rojas, con niveles edáficos, calizas y areniscas. 4. Areniscas en canales y arcillas rojas. 3. Calizas palustres. 2. Canales rellenos de areniscas de grano grueso y microconglomerados.	- Fraga 2-4 (1)
			U. ALFES-RIBARROJA				1. Areniscas y arcillas rojas.	

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

**(1) AGUSTI et al. (1988)**



**Fig. 2. Modelo secuencial de las unidades genético-sedimentarias en el sector de Mequienza-Fabara**

-Alcolea de Cinca (Vesecri) y la parte inferior de la Unidad Galocha-Ontiñena (Alto de Las Carrascas) (Fig. 4).

A grandes rasgos, los materiales siliciclásticos que configuran estas unidades, en el sector occidental, forman parte de la Formación Caspe (QUIRANTES, 1969) y, en el sector oriental, forman parte de la Formación Flix (COLOMBO, 1980). Por otro lado, los materiales predominantemente carbonáticos forman parte de las Formaciones Mequinenza, Alcubierre y La Fatarella, las dos primeras definidas por QUIRANTES (1969) y, la tercera, por COLOMBO (1980). En la Figura 1 se puede observar la correspondencia entre los materiales que configuran las unidades genético-sedimentarias, caracterizadas en este trabajo, con las unidades litoestratigráficas definidas por los autores mencionados.

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

Como se ha mencionado en el capítulo anterior, los depósitos cuaternarios consisten en distintos niveles de terrazas de los ríos Matarraña y Ebro, depósitos de fondo de "val", coluviones de poca extensión y depósitos de glacis muy degradados.

## 1.1. TERCIARIO

### 1.1.1. Unidad Alfes-Ribarroja

Dentro de la hoja, esta unidad aflora en la parte centro-oriental del territorio, en las inmediaciones del Embalse de Flix.

En la zona de estudio, presenta una potencia aproximada de unos 150 m.

La presente unidad se ha reconocido en la hoja de Maials (416), donde presenta una distribución vertical de facies similar y donde en los sectores próximos a los Catalánides está formada por facies conglomeráticas de abanico aluvial proximal.

Dentro de la zona cartografiada, está constituida por arcillas y por paleocanales de arenisca. En el techo de la unidad se encuentra un nivel calcáreo.

Dentro de la hoja no existen datos bioestratigráficos que permitan datar la unidad, pero los datos de los yacimientos de El Talladell y de Fraga, permiten acotarla. Los yacimientos de El Talladell, estudiados por TRUYOLS y CRUSAFONT (1961) y por AGUSTI *et al.* (1987), permiten atribuir a la Unidad Tárrega (situada estratigráficamente por debajo de la presente unidad) una edad correspondiente al Oligoceno inferior más alto. Por otro lado, los estudios de AGUSTI *et al.* (1987) en los yacimientos de Fraga, efectuados en la suprayacente Unidad Fayón-Fraga, permiten atribuir a la misma, una edad correspondiente al Chattienense. Por lo tanto, la edad de la Unidad Alfés-Ribarroja, queda comprendida en el Chattienense.

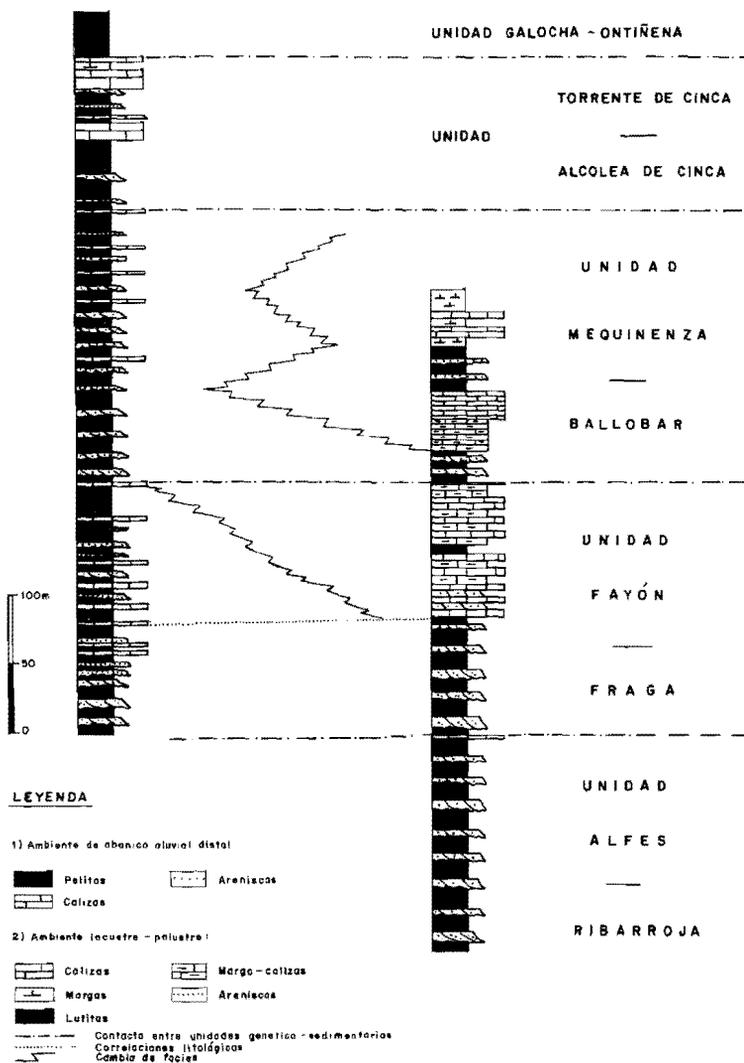
EDAD		BIOZONAS MEIN	UTS. PEREZ et al. (1988)	UNIDADES MAGNA-EBRO	YACIMIENTOS MICROMAMIFEROS ESTUDIADOS EN EL MAGNA EBRO	OTRAS YACIMIENTOS DE MAMIFEROS CUENCA DEL EBRO			
MIOCENO	VALLESIENSE	MN-10 MN-9	N3	U. SAN CAPRASIO					
	ARAGONIENSE	SUP.	MN-8 MN-7 MN-6	N2		U. SIERRA DE LANAJA-MONTES DE CASTEJON	Purig Ladrón	- Monegrillo (1)	
		MED.	MN-5				U. SIERRA DE PALLARUELO-MONTE DE LA SORA	Casero 1	
			MN-4b MN-4a					U. REMOLINOS-LANAJA	Santa Quitena
	INF.	MN-3b MN-3a	N1	U. BUJARALOS-SARIÑENA		Marga 3			
	AGENIENSE	MN-2b				T4	U. GALOCHA-ONTIÑENA	- Peñalba - Campos del Abuelo	- Tudela 1, 2 (4) - • Parridera del Cura (2) • Mas de Santiagué (2)
		MN-2a MN-1	U. TORRENTE DE CINCA-ALCOLEA DE CINCA	- Chalamera 1 - Ontiñena 1 - Clara 1			- • Galocha 1, 3 • San Juan - Autol, Santa Cilia (3)		

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

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

SECTOR OCCIDENTAL

SECTOR ORIENTAL



**Fig. 4. Columnas sintéticas de las unidades genético-sedimentarias en la hoja de Fabara**

Los materiales que constituyen esta unidad en este sector forman parte de la Formación Flix, definida por COLOMBO (1980).

En la cartografía geológica se han diferenciado tres asociaciones de facies, como componentes de la Unidad Alfés-Ribarroja.

#### 1.1.1.1. *Areniscas y arcillas rojas (1). (Chattiense)*

Los materiales que componen esta asociación de facies afloran en la parte centro-oriental del territorio de la hoja, aproximadamente en las inmediaciones del Embalse de Flix, donde su potencia es del orden de 150 m.

Consiste en una unidad fundamentalmente pelítica en la que se intercalan cuerpos de arenisca. Las pelitas son rojizas y, a menudo, presentan marmorizaciones. Los bancos de arenisca se organizan bien en cuerpos tabulares, bien en cuerpos amalgamados. Los cuerpos tabulares son muy abundantes y consisten en capas de arenisca de grano medio, planoparalelas. A menudo presentan laminación paralela y *ripples*. Los cuerpos amalgamados son de grano grueso e, incluso, microconglomerático. Presentan base erosiva y superficies de reactivación internas, que en algunos casos, individualizan cuerpos con superficies de acreción lateral. Su espesor oscila entre 1 y 2,5 m. Ocasionalmente, entre las pelitas se intercalan capas de calizas micríticas de espesor centimétrico.

Según las características descritas, esta unidad representa una asociación de facies de abanico aluvial distal. Los cuerpos de arenisca amalgamados se interpretan como depósitos de barras de meandro (Fig. 10), mientras que las areniscas tabulares, junto con las arcillas, representan las facies de llanura de inundación. Los niveles calcáreos corresponden, bien a zonas de encharcamiento dentro de la llanura de inundación, o bien a depósitos de periodos de expansión lacustre-palustre.

Por las consideraciones efectuadas en el apartado anterior, se atribuye una edad Chattiense a esta unidad.

#### 1.1.1.2. *Paleocanales de arenisca de grano grueso y microconglomerados (2). (Chattiense)*

Esta unidad cartográfica se halla puntualmente intercalada en la unidad (1), descrita en el apartado anterior.

Corresponde a los depósitos areniscosos amalgamados que se han descrito en el apartado anterior, que en muchas ocasiones, poseen una buena expresión fotogeológica por lo que han sido diferenciados cartográficamente.

Su descripción coincide con la efectuada en el apartado anterior para los cuerpos de arenisca y de microconglomerados amalgamados. Se interpretan como depósitos de barras de meandro.

Al igual que a la unidad (1), se le asigna una edad Chattiense.

### 1.1.1.3. CALIZAS PALUSTRES (3). (CHATTIENSE)

Este nivel representa el techo de la Unidad Alfés-Ribarroja en la zona centro-oriental de la presente hoja, aunque no siempre está presente.

Consiste en un nivel calcáreo que tiene un espesor máximo de 1 m. Presenta una morfología tabular y una gran dureza. Corresponde a una caliza micrítica que en su techo muestra huellas de bioturbaciones probablemente producidas por raíces.

Al microscopio se presenta como una biomicrita con textura *wackestone*, con caráceas y ostrácodos. Muestra una gran recristalización y porosidades “cavernosas” debidas, probablemente, a la acción de las raíces. La gran compacidad de esta caliza se debe a una diagénesis (recristalización) temprana.

Según sus características se interpreta como un depósito lacustre-palustre (Fig. 9).

Por su posición estratigráfica se le atribuye una edad Chattiense.

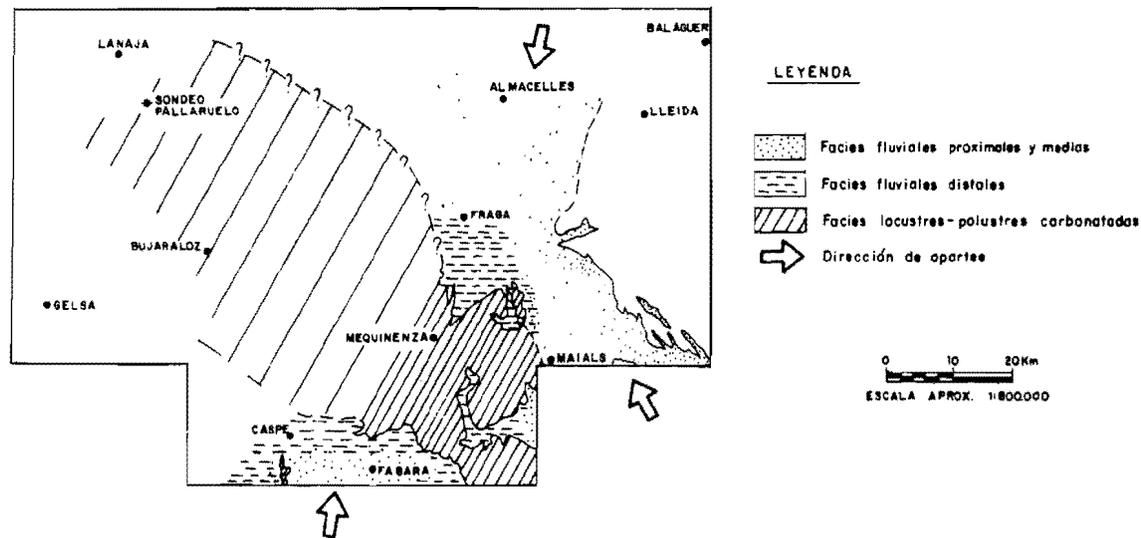
### 1.1.2. Unidad Fayón-Fraga

Esta unidad aflora ampliamente en todo el sector meridional y también en el nor-oriental de la hoja.

Esta unidad presenta una clara evolución vertical de facies (Fig. 5), ya que su parte basal en todo el territorio se halla constituida por facies terrígenas fluvio-aluviales, mientras que su parte superior 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 sur-occidental está constituida por facies aluviales procedentes de la Cordillera Ibérica, y en su techo se desarrollan facies pelíticas y carbonáticas de origen lacustre-palustre. Hacia el E y NE estas facies (exceptuando los metros basales) pasan transicionalmente a facies lacustres, terrígenas y carbonáticas. Por otra parte, hacia el extremo oriental de la hoja la parte media-basal de la unidad vuelve a estar constituida por sedimentos aluviales, en este sector procedentes de la Cordillera Costero-Catalana.

Los depósitos detríticos de esta unidad tienen dos áreas de aporte: un área de aporte sur-occidental (Cordillera Ibérica) y un área de aporte sur-oriental (Catalánides). Ambas áreas se hallan separadas por un depocentro de sedimentación lacustre ubicado en la parte central y oriental de la hoja.

Esta unidad se ha reconocido en el sector de la Sierra de Berrús donde tiene un espesor total de 170 m, que ha sido evaluada en la columna de El Berrús (04). También se ha reconocido de forma parcial, en las secciones de Escambrón (02) (140 m), Nonaspe (03) (135 m) y Matarraña (05) (110 m).



*Fig. 5. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Fayón-Fraga*

En la parte central de la Cuenca del Ebro esta unidad se ha reconocido y cartografiado en la hoja de Fraga (387), donde presenta, a grandes rasgos, una asociación de facies de abanico aluvial distal en la base, y una asociación de facies lacustre-palustres hacia el techo. En este sector, los materiales aluviales tienen una clara procedencia pirenaica. En el área comprendida en la hoja de Mequinenza (415) es fundamentalmente carbonática, aunque su base también está constituida por materiales terrígenos, los cuales, en la parte sur-oriental de este sector, proceden de los Catalánides. Como ya se ha comentado, en el sector sur-occidental de la presente hoja, y también en la hoja de Caspe (442), su base está formada por sedimentos aluviales y su techo por facies de llanura de inundación y lacustre-palustres. En esta zona, el área fuente es la Cordillera Ibérica (ver Fig. 5).

Dentro de la zona de estudio 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 Chattense (Oligoceno superior). Según los datos de 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. Por una parte, los materiales terrígenos que la constituyen en el sector sur-oriental pertenecen a la Formación Caspe definida por QUIRANTES (1969) (Fig. 1), mientras que los materiales terrígenos que forman su parte basal en el sector centro-oriental forman parte de la Formación Flix (COLOMBO, 1980). Por otro lado, las facies lacustres correspondientes a esta unidad forman parte de la formación Mequinenza (QUIRANTES, 1969). Asimismo, es equivalente a las unidades de lutitas y areniscas de Fraga y de lutitas y calizas de la Granja d'Escarp, definidas por CABRERA (1983).

En la cartografía geológica se han diferenciado tres asociaciones de facies, separadas por contacto normal, como componentes de la Unidad Fayón-Fraga.

#### 1.1.2.1. *Paleocanales de arenisca y arcillas rojas (4). (Chattense)*

Los materiales pertenecientes a esta unidad cartográfica afloran en la parte suroccidental del territorio comprendido en la hoja, en las inmediaciones de los ríos Matarraña y Algas. También afloran en el sector nor-oriental, en las inmediaciones del cauce del río Ebro.

Sus características sedimentológicas y su potencia parcial se han representado en las columnas estratigráficas de Escambrón (02) (10 m), de El Berrús (04) (10 m) y de Matarraña (05) (40 m).

En el sector sur-occidental consiste en una unidad fundamentalmente pelítica, en la que se intercalan cuerpos de arenisca y, ocasionalmente, bancos de calizas. Las pelitas son rojizas y, a menudo, presentan bioturbación y nódulos de yeso. Los bancos de arenisca, normalmente se organizan en cuerpos amalgamados, cuyo espesor oscila entre 1 y 3 m. Internamente presentan superficies de reactivación, que individualizan cuerpos con superficies de acreción lateral. Estas últimas superficies, a la vez, individualizan sets y cosets de láminas con estrati-

ficación cruzada planar, *ripples* y *climbing ripples*. Algunas veces, las superficies de reactivación están marcadas por cantos blandos. Las medidas de paleocorrientes efectuadas en estos cuerpos indica que su área de procedencia se ubica en el SO y el S (abanico de sentidos de aporte desde N 330 hasta N 80). Existen intercalaciones de capas de areniscas planoparalelas que presentan granoselección positiva y, cuando no están bioturbadas, tienen laminaciones paralelas y, algunas veces, *ripples*. Las capas de caliza presentan poco espesor, aunque son de gran continuidad lateral. Algunas de ellas se han trazado en la cartografía como líneas de capa.

En el sector nor-oriental, esta asociación de facies está compuesta por una alternancia de arcillas rojizas y de areniscas de grano medio y grueso. Estas, normalmente se organizan en bancos de hasta 3 m de espesor. Tienen base erosiva y superficies de acreción lateral. Sus características sedimentológicas son parecidas a las del sector sur-occidental.

Petrográficamente, las areniscas del sector sur-occidental corresponden a litarenitas calcáreas y a calcilitas, con un alto contenido en granos calcáreos (20%-45%) y, en menor proporción, de granos de cuarzo (15%-25%). El cemento es calcáreo y, en algunas ocasiones, yesífero. El yeso se presenta como accesorio. Las capas de caliza pueden clasificarse como *wackestones* con ostrácodos *in situ* y reabajados.

El contenido paleontológico consiste en *Chara microcera* GRAMB Y PAUL y gasterópodos lacustres.

Según las características descritas, esta unidad puede interpretarse como una asociación de facies de abanico aluvial distal. Los cuerpos de arenisca amalgamados representan el depósito de barras de meandro (Fig. 9), mientras que las areniscas tabulares, junto con las arcillas, representan las facies de llanura de inundación. Los niveles calcáreos, o bien representan zonas de encharcamiento, dentro de la llanura de inundación, o bien se depositaron en periodos de expansión lacustre-palustre.

Por las consideraciones efectuadas en el apartado anterior, se puede considerar una edad Chattiense para esta unidad.

#### 1.1.2.2. Arcillas rojas con niveles edáficos. Calizas y areniscas (5). (Chattiense)

Esta asociación de facies aflora en el sector sur-occidental y centro-meridional de la hoja, en las inmediaciones de los ríos Matarraña y Algas y del Barranco de Vall Major. Estratigráficamente suprayace a la unidad anteriormente descrita.

En la sección de Nonaspe (03), se han medido unos 140 m de serie correspondientes a esta unidad y en la serie de Matarraña (05), se han medido unos 60 m.

Consiste en una serie fundamentalmente pelítica en la que, localmente, se intercalan bancos de arenisca y, con mayor frecuencia, capas de caliza. Cabe destacar que los niveles car-

bonáticos van aumentando, en cuanto a número y espesor, desde el área sur-occidental al área centro-meridional, donde esta unidad pasa progresivamente a las facies lacustres, que constituyen la unidad cartográfica (6). Las arcillas tienen una característica coloración rojo-anaranjada, frecuentemente presentan marmorizaciones, nódulos de yeso y, algunas veces, bioturbación producida por raíces. Las capas de caliza tienen un espesor que oscila entre los 5 cm y 2 m y se caracterizan por tener una gran continuidad lateral. Presentan un gran contenido en materia orgánica y restos orgánicos (ostrácodos y caráceas). Algunos de estos niveles en la cartografía se han trazado como líneas de capa. Por su parte, las areniscas suelen ser planoparalelas y muestran granoselección positiva, laminaciones paralelas y *ripples*. Con menor frecuencia se encuentran cuerpos areniscosos de base erosiva con un espesor que oscila entre 50 cm y 2 m. Presentan superficies de reactivación, superficies de acreción lateral y *cosets* de láminas con estratificación cruzada planar y *ripples*.

Las areniscas de esta unidad, petrográficamente, corresponden a litarenitas calcáreas y a calcilitas, con un alto porcentaje de fragmentos calcáreos (20%-40%) y menor, de fragmentos de cuarzo (20%-25%). El cemento es calcáreo.

Las calizas tienen textura *wackstone-packstone* e incluyen gasterópodos y ostrácodos.

De acuerdo con los datos expuestos esta unidad puede interpretarse como una asociación de facies de abanico aluvial distal, donde las facies dominantes corresponden a facies de desbordamiento o de llanura de inundación (Fig. 9). La frecuente presencia de carbonatos, de considerable continuidad lateral, indica la existencia de periodos de expansión lacustre-palustre.

Puesto que esta unidad se sitúa estratigráficamente hacia la parte superior de la Unidad Fayón-Fraga, se le atribuye una edad Chattiense.

#### 1.1.2.3. Alternancia de calizas, margas, areniscas calcáreas y lignitos. (6) (Chattiense)

Esta asociación de facies aflora en todo el sector meridional de la hoja, así como también en el sector nor-oriental.

Estos depósitos han sido reconocidos detalladamente en dos columnas estratigráficas: la serie de Escambrón (02), donde se ha reconocido un espesor de 130 m y la de El Berrús (04), donde su potencia es de 150 m.

En el sector sur-occidental de la hoja, esta unidad presenta una potencia muy reducida: 2 a 4 m. Aquí está constituida por una alternancia de niveles carbonáticos y tramos margosos, y representa el techo de la Unidad Fayón-Fraga en este sector. Las capas de caliza suelen presentar un gran contenido en materia orgánica, que se refleja por su olor fétido, y restos de caráceas y de ostrácodos.

Al microscopio se presentan como *mudstones* con restos de ostrácodos y carofitas que, a menudo, están recristalizados. Las muestras presentan porosidad en caverna y *vug*, debida a procesos edáficos.

De acuerdo con sus características sedimentológicas, estos sedimentos pueden interpretarse como depósitos de un ambiente lacustre-palustre (Fig. 9).

En los sectores sur-oriental, central y nor-oriental de la zona cartografiada, esta unidad cartográfica constituye la parte media-superior de la Unidad Fayón-Fraga, y tiene un espesor mucho mayor, ya que, en este sector la unidad cartográfica infrayacente (5) cambia lateralmente de facies a la presente unidad.

En éstas últimas áreas está constituida por una alternancia de calizas, margas, lutitas y areniscas. Cabe destacar que en el área de Fayón las capas de arenisca que se intercalan en la unidad son más importantes, en cuanto a número y potencia, que las que se intercalan en la zona de El Berrús, donde predominan los materiales carbonáticos. En la zona de El Berrús los niveles calcáreos se organizan en bancos de hasta 10 m de potencia, y el espesor de las capas oscila entre 0,3 m y 1,5 m. Son de aspecto masivo y, frecuentemente, son arenosos. Algunos niveles presentan estructuras tractivas, como superficies de reactivación y estratificación cruzada de tipo *hummocky*. En los interestratos, normalmente se desarrollan nódulos de yeso. Entre los niveles calcáreos se encuentran capas de arenisca y de lutitas rojizas y blanquecinas. Las areniscas son tabulares, de grano medio y presentan un espesor comprendido entre 1 y 4 m, aproximadamente. Normalmente son masivas, pero en ocasiones tienen estructuras de escape de fluidos, tipo *dish* y *pillars*, superficies de acreción y estratificación cruzada planar. Estos materiales se organizan en ciclos de facies, cuya base está formada por las areniscas y las arcillas, y el techo, por los niveles de margas y de carbonatos (Fig. 9).

En el sector nor-oriental, donde estas facies tienen una menor proporción de materiales terrígenos, los depósitos margo-carbonáticos se organizan de forma similar, formando ciclos de facies (Fig. 9), cuya base está formada por margas y, ocasionalmente, por gipsarenitas. Por el contrario, su techo está formado por calizas y calizas arenosas con estratificación cruzada *hummocky* y superficies de reactivación. En el techo de los niveles calcáreos se observan perforaciones producidas por raíces. Cabe destacar que en este sector, hacia la parte superior de la unidad, se encuentran niveles de lignitos, que se explotan en la vecina hoja de Mequinenza (415).

Al microscopio, las areniscas se presentan como litarenitas calcáreas o gipsarenitas de grano muy fino. Las calizas corresponden a *mudstones-wackestones* con ostrácodos y gasterópodos.

El contenido paleontológico consiste en *Hornichara lagenalis* (STRAUB) HUANG Y XU, *Stephanochara cavalieri* RIVELINE, *Stephanochara ungeri* FEIST-CASTEL, *Chara microcera* GRAMB Y PAUL, *Nitellopsis (Tectochara) meriani* (L. Y N. GRAMB), *Sphaenochara (Hirmeri) longiuscula* GRAMB Y PAUL y gasterópodos lacustres muy fragmentados.

Según la descripción efectuada, esta unidad puede interpretarse como depósitos de facies lacustres mixtas. Las facies arenosas se interpretan como depósitos de barras deltaico-lacustres, depositadas en momentos de nivel de base relativamente bajo, durante los cuales llegaban aportes terrígenos al lago. Por el contrario, los niveles calcáreos se depositaron en momentos de expansión lacustre (o de nivel de base alto).

Esta unidad constituye la parte superior de la Unidad de Fayón-Fraga y, teniendo en cuenta las dataciones realizadas por AGUSTI *et al.* (1988) en niveles equivalentes en la hoja de Fraga (387), se le puede asignar una edad Chattiense.

### 1.1.3. 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), Bujaraloz (414), Caspe (442) y Gelsa (413).

En el área de Fraga se trata de una unidad constituida en su base por sedimentos detríticos procedentes del Pirineo, que hacia techo evolucionan a sedimentos de origen lacustre-palustre (ver Fig. 6). En el sector de Mequinenza y el comprendido en la presente hoja, está principalmente formada por una alternancia de areniscas fluvio-lacustres y de calizas de origen lacustre-palustre. Finalmente, en los sectores de Caspe, Bujaraloz y Gelsa, viene nuevamente representada por sedimentos detrítico-aluviales, procedentes de la Cordillera Ibérica, en los que se intercalan materiales carbonáticos de origen lacustre-palustre; estas intercalaciones son más frecuentes hacia el techo de la unidad.

Dentro de la hoja de Fabara aflora extensamente en la parte nor-oriental de la hoja y, de forma más escueta, en el cuadrante nor-occidental. En la parte meridional del territorio afloran retazos en las zonas topográficamente más elevadas.

El contacto con la unidad inferior (Unidad Fayón-Fraga) en el sector occidental y nor-oriental, consiste en un cambio brusco de facies entre las facies fluvio-lacustres, que caracterizan la parte superior de la Unidad de Fayón-Fraga, y las facies aluviales (paleocanales de ríos meandriformes), que constituyen la base de esta unidad. En el sector sur-oriental, se refleja por el contacto existente entre las facies lacustre-carbonáticas, que forman el techo de la Unidad Fayón-Fraga, y las facies lacustres detríticas que constituyen la base de la presente unidad. Este contacto refleja la existencia de una reactivación de los sistemas aluviales.

En el sector oriental del área cartografiada, esta unidad está formada básicamente por materiales terrígenos de origen fluvio-aluvial. Entre estos materiales, a lo largo de la sucesión estratigráfica, se intercalan diversos niveles calcáreos de origen lacustre-palustre en la mitad superior de la unidad. Hacia el sector occidental, estas facies, a grandes rasgos, evolucionan a facies terrígenas y carbonatadas de origen lacustre, que forman parte del Sistema lacustre de Los Monegros (CABRERA, 1983; ANADON *et al.*, 1989).

La potencia de la unidad dentro de la hoja, es difícil de estimar, ya que no se ha podido medir ninguna serie completa, debido a que la unidad aflora en un área muy extensa de baja pendiente, pero, teniendo en cuenta las potencias parciales evaluadas, puede considerarse un espesor total próximo a 180-200 m.

La posición bioestratigráfica de estos materiales se conoce con bastante precisión en el área de Fraga gracias a los yacimientos de micromamíferos (Fraga-6 y Fraga-7) estudiados por

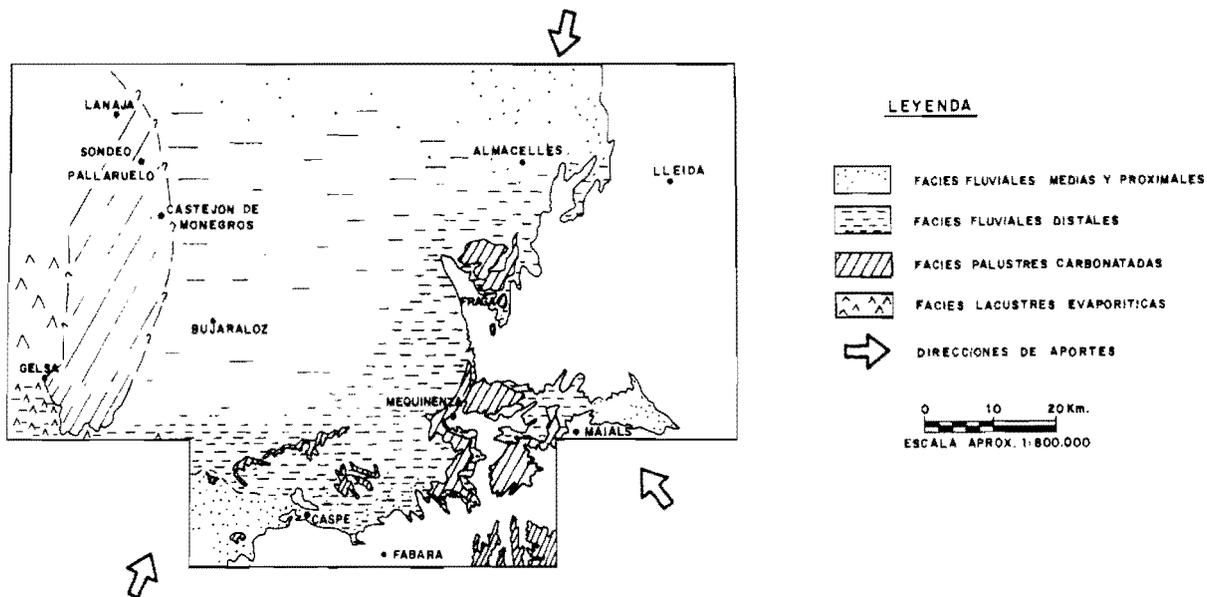


Fig. 6. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Mequinenza-Ballobar

AGUSTI *et al.* (1988). Estos estudios permiten incluir esta unidad dentro del Oligoceno superior, en su biozona *Rhodanomys transiens* y probablemente ocupando la parte superior de su biozona *Eomys aff. major*.

Los materiales arenosos y pelíticos, de origen fluvial, que constituyen esta unidad en el sector oriental, forman parte de la Formación Caspe (QUIRANTES, 1969) (Fig. 1), mientras que los niveles carbonáticos que se intercalan a lo largo de la misma forman parte de la Formación Mequinenza definida por el mismo autor. En el sector sur-oriental, las facies lacustres que la constituyen forman parte de la Formación Calizas de La Fatarella (COLOMBO, 1980). Cabe también mencionar, que estos materiales son equivalentes a las Unidades de Calizas de Mequinenza y de Lutitas y Calizas de Granja d'Escarp, definidas por CABRERA (1983).

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

#### 1.1.3.1. *Alternancia de arcillas versicolores, areniscas y calizas (7). (Chattiense)*

Los materiales pertenecientes a esta unidad cartográfica afloran en la parte noroccidental de la hoja. En la parte occidental del área cartografiada, la extensión de sus afloramientos es más reducida, ya que consiste en diversas franjas intercaladas entre los materiales que constituyen la unidad cartográfica (9).

En la sección de Escambrón (02), la potencia parcial de la unidad es de unos 30 m, en la de Nonaspe (03) es de unos 25 m y, en la serie de El Berrús (04) solamente se han observado unos 5 m correspondientes a estos materiales.

Esta asociación de facies está formada por una alternancia de pelitas y areniscas, entre las que se intercalan capas de caliza. Las pelitas son ocreas y, a menudo, presentan marmorizaciones. Las calizas son micriticas, tienen un alto contenido en materia orgánica y en restos orgánicos (caráceas y ostrácodos). Frecuentemente se encuentran bioturbadas y perforadas por raíces; su espesor oscila entre los 5 cm y 1 m. Por su parte, las areniscas se organizan en bancos cuyo espesor oscila entre los 50 cm y los 5 m. Presentan superficies de reactivación que individualizan a cuerpos con superficies de acreción lateral. Frecuentemente, las superficies de reactivación están marcadas por cantos blandos. Los cuerpos con superficies de acreción lateral contienen *sets* y *cosets* de láminas con estratificación cruzada planar, *ripples* y, ocasionalmente, *climbing ripples*. En algunas ocasiones, se puede observar una progresiva gradación lateral y vertical de estas estructuras.

Existen otros bancos de arenisca que internamente no presentan superficies de acreción lateral, pero que muestran superficies de reactivación que individualizan cuerpos con granoselección positiva y con estratificación cruzada planar. A lo largo de esta unidad, entre las arcillas se intercalan areniscas planoparalelas, de aspecto tabular. Cuando la bioturbación no ha borrado las estructuras sedimentarias primarias, en estas capas se pueden observar laminaciones paralelas y/o *ripples*.

Las areniscas, al microscopio, se presentan como litarenitas calcáreas (30-40% de granos calcáreos y 20-30% de granos de cuarzo), y como litarenitas (35-50% de granos de cuarzo y 15-20% de granos calcáreos). En todas ellas, el yeso se presenta como accesorio y el carbonato cálcico, como cemento.

El contenido paleontológico consiste en *Chara microcera* GRAMB Y PAUL y gasterópodos lacustres (*Planorbis*, *Valvata* y *Bithynia*).

De acuerdo con sus características sedimentológicas, esta asociación de facies puede interpretarse como depósitos de abanico aluvial distal. Los cuerpos arenosos amalgamados corresponden a depósitos de barras de meandro (Fig 9) cuando exhiben superficies de acreción lateral, y, cuando no las presentan, probablemente representen el relleno de paleocanales de ríos de baja sinuosidad. Tanto las areniscas planoparalelas como las pelitas, representan a las facies de desbordamiento. Por otro lado, los depósitos carbonáticos representan sedimentos depositados durante etapas de expansión lacustre-palustre.

Teniendo en cuenta los datos paleontológicos existentes en la hoja de Fraga, aportados por AGUSTI *et al.* (1988), esta unidad cartográfica tiene una edad Chattiense.

#### 1.1.3.2. *Paleocanales de arenisca (8). (Chattiense)*

Los materiales que constituyen esta asociación de facies se encuentran intercalados entre los que forman la unidad (7), descrita en el apartado anterior.

En realidad, corresponde a los niveles de areniscas, similares a los descritos en el apartado anterior, que se han diferenciado en la cartografía como cuerpos individuales por su tamaño y tener en muchas ocasiones una buena expresión fotogeológica.

Su descripción coincide con la expuesta en el apartado anterior, ya que estos cuerpos de arenisca, o bien corresponden a depósitos de barras de meandro, o bien representan el relleno de paleocanales de ríos de baja sinuosidad.

Sus características petrológicas, son idénticas a las de las areniscas de la unidad (6).

Se le asigna una edad Chattiense, al encontrarse intercalada en la unidad descrita en el apartado anterior.

#### 1.1.3.3. *Alternancia de calizas, margas y areniscas calcáreas (9). (Chattiense)*

Esta asociación de facies aflora en los sectores centro-septentrional y nor-oriental de la hoja, donde constituye la parte media de la unidad. También aflora en el sector sur-oriental, donde constituye la base de la misma.

Su potencia únicamente ha sido evaluada, de forma parcial, en la serie de El Berrús (04), donde se han observado 20 m.

Esta asociación de facies está formada por una alternancia de margas, areniscas calcáreas, calizas con estructuras tractivas y calizas micríticas. Las calizas, ocasionalmente, son arenosas y limosas, de tonos beige y de aspecto masivo. El espesor de los niveles es de orden centimétrico y decimétrico y se organizan en bancos que llegan a alcanzar los 2 m de potencia. Por término medio son frecuentes los niveles de 15-30 cm. Frecuentemente presentan superficies de reactivación y estratificación cruzada *hummocky* y *swaley*. Los niveles de arenisca son tabulares y tienen un espesor que oscila entre 1 y 2,5 m. Normalmente son masivos pero, en ocasiones, muestran estratificación cruzada de tipo planar. Entre los niveles margosos suele aparecer yeso secundario en forma de vetas, que llegan a ser muy importantes. Las calizas micríticas presentan perforaciones producidas por raíces.

Estos materiales se organizan en ciclos de facies, formados en su parte inferior por los tramos margosos y las areniscas y, en la superior, por las calizas tractivas y por las calizas micríticas.

Según el estudio de las microfacies, las calizas pueden clasificarse como *packstones* y *wackestones* con restos de ostrácodos, carofitas (tallos y oogonios) y gasterópodos. También presentan la típica microfacies lacustre de fango micrítico formando grumos (*crumby limestone*), recristalizada por procesos de percolación (*leached grains*). Presentan, además, cantidades variables de cuarzo, feldespato y dolomita.

Al microscopio, las areniscas corresponden a calclititas, con granos de yeso policristalino y con fantasmas de fósiles muy recristalizados.

Del estudio de las facies, se deduce que esta unidad fue depositada en un ambiente lacustre donde, en momentos de nivel de base relativamente bajo, tenía lugar el depósito de facies terrígenas micro-deltaicas y, en momentos de nivel de base alto, se sedimentaban facies carbonáticas expansivas.

Por las consideraciones mencionadas en capítulos anteriores, se le puede asignar una edad Chattiense.

#### 1.1.3.4. Calizas y calizas arenosas (10). (Chattiense)

Esta asociación de facies aflora puntualmente en el sector septentrional y en la parte centro-meridional del territorio cartografiado, donde los materiales que constituyen esta unidad se intercalan entre los que constituyen las unidades cartográficas (7), (9) y (11).

En el sector nor-occidental, esta asociación está compuesta por diferentes niveles margo-carbonáticos, el último de los cuales corresponde al techo de la Unidad Mequinenza-Ballobar. En este sector, estos niveles se intercalan en la unidad (7). Alguno de ellos se ha representado en la cartografía como línea de capa. Su potencia oscila entre los 50 cm y los 2 m. Normalmente, están formados por una sola capa calcárea pero, en algunas ocasiones, consisten en diversos niveles carbonáticos separados por niveles margosos de espesor centimétrico. Las calizas son micríticas y tienen un alto contenido en materia orgánica, que se

refleja por su olor fétido. Suelen presentar restos de caráceas y de ostrácodos, así como bioturbación y perforaciones producidas por raíces.

Petrográficamente, las calizas corresponden a *mudstones* y a calizas grumelosas (*crumbly*), con ostrácodos, caráceas y gasterópodos. Presentan porosidad *microvug*, producida por bioturbación (procesos edáficos), a veces rellena por brechas de fango carbonatado.

Representan depósitos sedimentados durante momentos de expansión lacustre-palustre (Fig. 9) en un ambiente de abanico aluvial-distal.

Por las consideraciones mencionadas en capítulos anteriores, se le puede asignar una edad Chattiense.

#### 1.1.3.5. *Alternancia de calizas y margas (11). (Chattiense)*

Esta asociación de facies aflora en los sectores centro-septentrional y nor-oriental del área cartografiada, en las inmediaciones de la población de Almatret.

Sus características sedimentológicas han sido estudiadas en la columna de Escambrón (02), donde se han medido unos 30 m de potencia correspondientes a esta unidad.

Consiste en una alternancia de margas, arcillas ocreas y blanquecinas y niveles calcáreos intensamente bioturbados. Las calizas se organizan en bancos de hasta 5 m de potencia, presentan perforaciones y estructuras verticales producidas por raíces. Las arcillas están bioturbadas y presentan marmorizaciones.

Al microscopio, las calizas pueden clasificarse como *wackestones-packstones* con gasterópodos y ostrácodos.

Según estas características, esta asociación de facies se interpreta como depósitos de ambientes lacustre-palustres (Fig. 9), en donde dominaban los procesos edáficos.

Ya que estos materiales corresponden a la parte superior de la Unidad Mequinenza-Ballobar, se les atribuye una edad Chattiense.

#### 1.1.4. **Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca**

Esta unidad genético sedimentaria aflora en el sector nor-occidental de la hoja y también en la esquina SE.

Dentro de la hoja, presenta una clara evolución vertical de facies ya que su parte basal se halla constituida por facies terrígenas fluviales, mientras que su parte superior está formada por calizas de origen lacustre-palustre, entre las que se intercalan niveles terrígenos. El paso de unas facies hacia las otras se realiza de forma progresiva y gradual.

Su potencia es de unos 130 m y ha sido medida en la serie de Vesecri (01); en el sector SE no aflora la parte superior de la unidad, sino tan sólo los 30-40 m basales.

Su contacto con la unidad infrayacente es un brusco cambio de facies, que se manifiesta por la superposición de un tramo basal terrígeno sobre los materiales carbonatados de la unidad inferior. Este hecho refleja la existencia de una etapa de reactivación de los sistemas aluviales.

En la parte central de la Cuenca del Ebro, esta unidad aflora en las hojas de Sariñena (357), Peñalba (386) y Fraga (387), donde presenta, a grandes rasgos, una asociación de facies de abanico aluvial distal en la base, y una asociación de facies lacustre-paiustres hacia el techo de la unidad. En este sector, los materiales aluviales tienen una clara procedencia pirenaica. En el área comprendida en las hojas de Mequinenza (415), Bujaraloz (414) y Caspe (442), tiene una distribución vertical de facies idéntica a la descrita, es decir: en la base está formada por materiales terrígenos aluviales y en el techo por carbonatos de origen lacustre-palustre. En este sector, los materiales aluviales tienen una procedencia de la Cordillera Ibérica y es probable que también de los Catalánides (ver figura 7).

Desde el punto de vista cronoestratigráfico, al menos la parte inferior de la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca es de edad oligocena (Chattiense), según se desprende de los datos bioestratigráficos que aportan AGUSTI *et al.* (1988), con el estudio de vertebrados en los yacimientos de Fraga 11 y de Ballobar 12, situados al NE de la zona de estudio, en la hoja de Fraga (387). Según los mismos autores, la parte superior puede llegar a ser miocena, ya que el yacimiento TC-68, situado en la serie de Torrente de Cinca (en la vecina hoja de Mequinenza, 415), concretamente en la parte superior del tramo carbonatado de la unidad, tiene esta edad (zona 1 de MEIN). También se han identificado restos de micromamíferos en el yacimiento de Ontiñena (CUENCA, 1991 a y b), situado en la hoja de Sariñena (357), en los niveles superiores de la unidad, los cuales tienen una edad idéntica a la citada en el yacimiento TC-68. En el estudio de vertebrados efectuado en el territorio que comprende la hoja, CUENCA (com. pers.) cita una fauna, en los yacimientos de Valcuerna y de Efesa, equivalente a la del yacimiento de Fraga 11

Los materiales que constituyen esta unidad forman parte de las Formaciones Caspe y Alcubierre (Miembro Bujaraloz) definidas por QUIRANTES (1969) y de las Unidades Lutitas de la Cuesta de Fraga y Calizas de Torrente de Cinca, definidas por CABRERA (1983).

En la cartografía geológica se han diferenciado dos asociaciones de facies como componentes de la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca.

#### 1.1.4.1. Areniscas y lutitas rojas (12). (Chattiense-Ageniense)

Esta unidad cartográfica engloba los 2 tramos terrígenos que constituyen la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca dentro de la hoja. El primero de los tramos forma la parte inferior de la unidad, mientras que el segundo se intercala en la parte superior de la misma, básicamente constituida por materiales margo-carbonáticos.

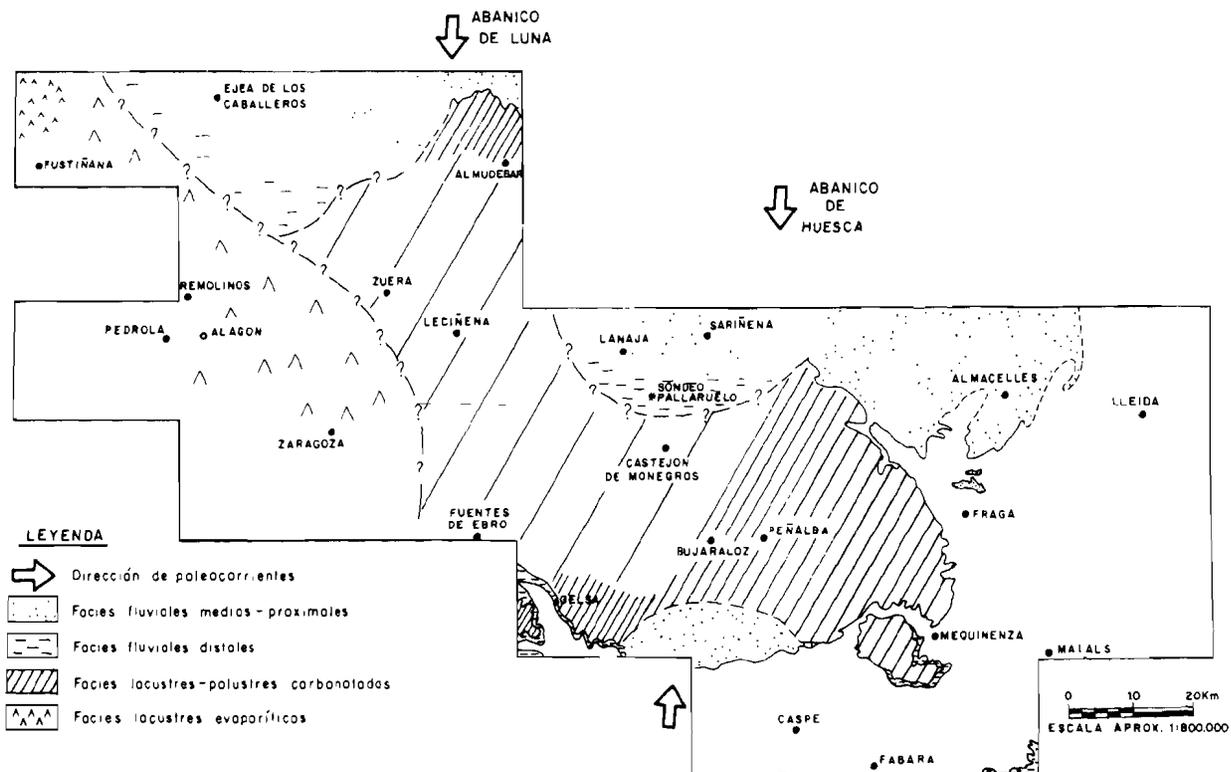


Fig. 7. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Torre de Cinca-Alcolea de Cinca

En la serie de Vesecri (01), ambos tramos tienen, respectivamente, una potencia de 70 y 35 m.

Litológicamente esta asociación de facies está constituida por pelitas, entre las que se intercalan areniscas y, ocasionalmente, niveles de calizas.

Los niveles pelíticos son rojizos, en ocasiones versicolores, con evidentes signos de haber sufrido procesos edáficos. Las capas de arenisca, según sus características, pueden agruparse en diversos tipos: el más abundante está constituido por capas de arenisca con base erosiva, tendencia granodecreciente y superficies de acreción lateral; llegan a alcanzar los 2 m de espesor y pueden agruparse en bancos de hasta 5 m de potencia. En menor proporción, existe un segundo tipo de capas que se caracterizan por alcanzar un espesor menor (hasta 1 m), ser tabulares, de aspecto masivo, y con una ligera tendencia granodecreciente. Finalmente, el tipo menos frecuente de bancos de arenisca presenta la base erosiva e, internamente, consiste en cuerpos amalgamados con estratificación cruzada en surco y/o planar; llegan a alcanzar un espesor de hasta 2,5 m y no muestran superficies de acreción lateral.

Los niveles de calizas únicamente se intercalan en el segundo tramo. Tienen una considerable cantidad de materia orgánica, que se refleja por su olor fétido y también un cierto contenido en limo. A menudo presentan superficies de reactivación.

Petrográficamente, las areniscas pueden clasificarse como gipsarenitas, con un porcentaje de granos de yeso del 45 %, un 28% de granos calcáreos y un 10% de granos de cuarzo. El cemento es calcáreo (15%). Por otro lado, las calizas corresponden a *wackestones*, con restos de ostrácodos, gasterópodos y caráceas (tallos y oogonios).

El contenido paleontológico consiste principalmente en: *Hornichara lagenalis* (STRAUB) HUANG Y XU, *Nitellopsis (Tectochara) meriani* (L. Y N. GRAMB), *Chara notata* GRAMB Y PAUL, *Candona aff. chassei* DICK Y SWAIN, *Rantzieniella nitida* GRAMB, *Sphaerochara cf. davidi* FEIST-CASTEL y gasterópodos lacustres.

Según sus características sedimentológicas, el primer tipo de areniscas descritas puede corresponder a depósitos de barras de meandro (Fig. 9), el tercer tipo, se interpreta como depósitos de relleno de paleocanales de ríos rectilíneos o de baja sinuosidad, mientras que el segundo tipo, junto con las arcillas, corresponde a facies de llanura de inundación (Fig. 9). Por su parte, los niveles carbonatados, o bien representan la sedimentación producida en zonas de encharcamiento local, dentro de la llanura de inundación, o bien corresponden a depósitos sedimentados en momentos de expansión lacustre.

En conjunto, esta asociación de facies puede interpretarse como depósitos de áreas distales de un sistema de abanicos aluviales.

Por las consideraciones realizadas en el apartado anterior, esta unidad tiene una edad comprendida entre el Chattiense y el Ageniense basal.

#### 1.1.4.2. *Calizas y margas, esporádicamente arcillas (13). (Chattiense-Ageniense)*

Esta asociación de facies está representada por dos tramos carbonatados que, junto al segundo tramo terrígeno, descrito en el apartado anterior, constituyen la parte superior de la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca.

Su potencia ha sido evaluada en la serie de Vesecri (01), donde el primer nivel, tiene un espesor de unos 10 m y el segundo, 15 m.

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

Petrográficamente, pueden clasificarse como *packstones* y *wackestones* con ostrácodos, restos de carofitas (tallos y oogonios) y gasterópodos. También presenta la típica microfacies lacustre de fango micrítico formando grumos (*crumbly limestone*), y recristalizada por procesos de percolación (*leached grains*).

Según las características sedimentológicas descritas, se puede concluir que estos sedimentos se depositaron en un ambiente lacustre-palustre (Fig 9).

La parte más alta de esta unidad ha sido datada en la hoja de Sariñena (357) (yacimiento de Ontiñena, estudiado por CUENCA, 1991 a y b), con restos de micromamíferos. A partir de estos estudios, se le atribuye una edad Ageniense (Biozona 1 de Mein). Sin embargo, según datos de AGUSTI *et al.* (1988), las muestras de micromamíferos de la hoja de Fraga (387), han permitido datar la parte inferior de esta unidad, en aquel sector y atribuirla al Oligoceno superior (Chattiense) (última biozona del Oligoceno, o biozona de *Rhodanomys transiens*). Por tanto, dentro de esta unidad se encuentra representado el límite Oligoceno-Mioceno.

#### 1.1.5. **Unidad Galocha-Ontiñena**

Esta unidad únicamente aflora en la hoja de Fabara de forma puntual en el sector nor-occidental en el área lindante con la hoja de Mequinenza (415).

Dentro de la hoja únicamente aflora la base de la unidad, que, a grandes rasgos, está constituida por facies aluviales distales y tiene una potencia de unos 30 m.

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

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la Unidad Galocha-Ontiñena se ha caracterizado en las hojas de Sariñena (357) y Lanaja (356), donde presenta facies aluviales procedentes del Pirineo que forman parte del "Sistema de Huesca" (*sensu* HIRST y NICHOLS, 1986). En la

parte meridional de la zona de Sariñena, las facies aluviales están solapadas por facies carbonáticas de origen lacustre-palustre, que constituyen el techo de la unidad. Hacia el área comprendida en las hojas de Peñalba (386), Fraga (387), Mequinenza (415) y en la parte oriental de la hoja de Bujaraloz (414), está formada por facies aluviales distales (lutíticas), en las que se intercalan diferentes niveles carbonatados en la parte superior. En el sector meridional de la Cuenca, ha sido reconocida en las hojas de Caspe (442), Bujaraloz (parte S) (414) y Gelsa (413). En este área, está formada en la base por sedimentos aluviales procedentes de la Cordillera Ibérica y, en el techo, por carbonatos de origen lacustre-palustre (ver figura 8). Estos materiales, hacia el territorio ubicado en la zona central de la hoja de Bujaraloz (414), en el de la parte septentrional de la hoja de Gelsa (413) y en el de la parte meridional de la hoja de Castejón de Monegros (385), pasan progresivamente a facies evaporíticas (Fig. 8).

En el ámbito de la hoja, no ha sido posible determinar la edad de esta unidad debido a la carencia de yacimientos de micromamíferos. Sin embargo, en hojas vecinas existen datos paleontológicos de interés que permiten acotar su edad. En la parte superior de la infrayacente Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, en la Hoja de Sariñena (357), CUENCA (1991 a y b) han estudiado el yacimiento de Ontiñena. En este yacimiento, han identificado restos de micromamíferos correspondientes a la biozona 1 de MEIN (Ageniense). Por otro lado, en la parte media-inferior de la suprayacente unidad de Bujaraloz-Sariñena, dentro de la hoja de Peñalba (386), AZANZA *et al.* (1988) y CUENCA *et al.* (1989) han estudiado cinco yacimientos paleontológicos. En estos yacimientos han citado *Ritteneria manca*, especie que caracteriza la biozona 2b de MEIN (1975). Esta biozona caracteriza la parte superior del Ageniense. En base a estos datos se atribuye una edad Ageniense para la Unidad Galocha-Ontiñena.

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

Esta unidad genético-sedimentaria, en el área estudiada, solamente se halla representada por una unidad cartográfica.

#### 1.1.5.1. *Calizas, margas y arcillas rojas con yeso nodular (14). (Ageniense)*

Esta unidad aflora en la zona del Alto de las Carrascas, en el sector nor-oriental de la hoja, donde posee una potencia aproximada de unos 30 m.

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

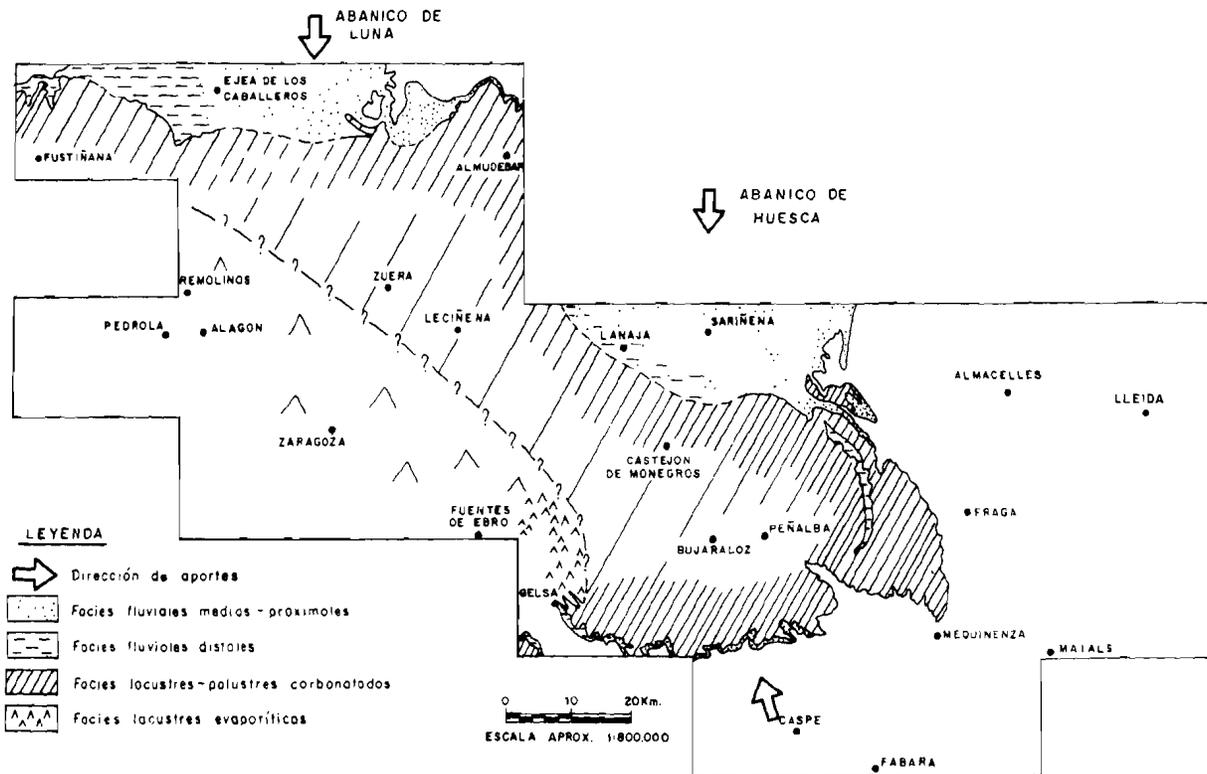


Fig. 8. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Galocha-Ontiñena

Según las características descritas, esta unidad presenta dos asociaciones de facies diferentes: una, constituida por las arcillas rojizas que representan facies de abanico aluvial distal y otra, representada por los niveles carbonáticos, que corresponden a facies de expansión lacustre-palustre (Fig. 9).

Por las consideraciones realizadas en el apartado anterior, esta unidad cartográfica tiene una edad Ageniense.

## 1.2. CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios cartografiados en la hoja de Fabara, al igual que casi todos los presentes en la cuenca del Ebro carecen de dataciones suficientes, por lo que la división cronológica es aproximativa. Se ha asignado al Pleistoceno aquellos depósitos más antiguos, representados, por pequeños glaciares, terrazas y costras carbonatadas. El resto de los depósitos tendrían una edad holocena, y corresponden a terrazas, coluviones, vales, etc.

### 1.2.1. Carbonatos. Costras calcáreas (15). Pleistoceno

Se ha cartografiado un nivel de encostramiento carbonatado asociado a una superficie estructural labrada en calizas de la unidad Mequinenza-Ballobar.

Su extensión y por tanto su delimitación es difícil debido a la intensa alteración a que se encuentran sometidos por parte de acciones antrópicas (laboreo agrícola), constatando su existencia por la presencia de fragmentos dispersos por los campos agrícolas que jalonan la superficie.

El espesor del encostramiento es complicado de estimar, pues el contacto inferior con la formación carbonatada no es neto.

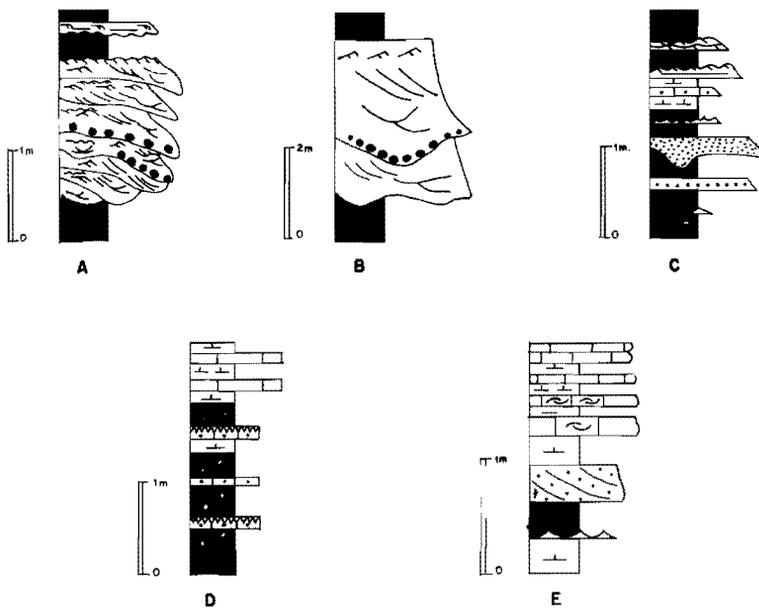
De muro a techo se pueden diferenciar tres facies, no observables en toda la zona. Un buen corte se sitúa en la salida del pueblo de Almatret en el camino que lleva a la Balsa del Cambrons.

La base de la costra estaría formada por una facies pulverulenta con abundantes nódulos calcáreos de tamaños heterogéneos, que progresivamente se convierten en una facies brechoide de unos 40 cm, con cantos calcáreos bien redondeados de moda 34 cm, muy cementados por carbonato cálcico, rodeados a menudo de una pátina de óxido.

Esta facies parece adelgazarse hacia el sur, siendo sustituida por otra de carácter laminado: bandas de calcita esparítica y microesparítica. El techo de la costra generalmente culmina afectado por procesos de microkarstificación.

### 1.2.2. Gravas y cantos con matriz limo-arcillosa (16). Glaciares. Pleistoceno

Con este término se ha querido representar aquellas morfologías con depósito, situadas únicamente en la margen izquierda del Ebro y la altura del pueblo de Fayón y en el margen derecho del río Matarraña al norte de la cuesta de Fayón.



- A** - FACIES DE RELLENO DE PALEOCANALES MEANDRIFORMES  
**B** - FACIES DE RELLENO DE PALEOCANALES RECTILINEOS  
**C** - SECUENCIAS DE FACIES DE LLANURA DE INUNDACIÓN  
**D** - SECUENCIAS DE FACIES LACUSTRE - PALUSTRES  
**E** - SECUENCIAS DE FACIES LACUSTRES

**LEYENDA**

	} ARENSICAS		YESOS ESTRATIFORMES		RIPPLES DE OSCILACIÓN
			YESOS NODULARES		LAMINACION PARALELA
	CALIZAS		ESTRATIFICACIÓN CRUZADA EN SURCO		ESTRATIFICACION WAVY
	LUTITAS		ESTRATIFICACION CRUZADA PLANAR		ESTRATIFICACION LINSEN
	MARGAS		RIPPLES DE CORRIENTE		MARCAS DE RAICES
			ESTRATIFICACIÓN HUMMOCKY		CANTOS BLANDOS

**Fig. 9.** Secuencias de facies representativas de los ambientes deposicionales que se desarrollan en la hoja de Fabara

Se caracterizan por presentar una pendiente general hacia los diferentes ríos, y aunque su depósito está muy reelaborado, pudiendo pertenecer a antiguas terrazas muy degradadas, se optó por cartografiarlo como glacis debido a su morfología actual, relacionados siempre con fuertes relieves.

Se trata de un depósito de cantos angulosos y subangulosos de naturaleza calcárea, mal clasificados y desorganizados, excepto en raras ocasiones en que se disponen formando bandas, de tamaños variables que pueden llegar hasta 25 cm, englobados en una matriz limo-arcillosa. Su potencia supera los 5 m.

Se les atribuye una edad Pleistoceno-Holoceno y suelen aparecer coincidiendo con la 3<sup>a</sup>-4<sup>a</sup> terraza de los ríos a los que se asocia.

### **1.2.3. Gravas y cantos con matriz margo-arenosa. Terrazas (17, 18, 19 y 20). Pleistoceno-Holoceno**

Corresponden a 4 niveles de terraza que se han distinguido relacionadas con los ríos Matarraña y Ebro, y cuya potencia no supera casi nunca los 3 m.

Su depósito se caracteriza por estar compuesto por cantos bien redondeados de calizas, con tamaños medios en torno a los 3-5 cm, y centil hasta 10 cm. Presentan matriz margo-arenosa y los niveles superiores están afectados por procesos de cementación de carbonato cálcico.

A veces la matriz ha desaparecido, encontrándose gravas sueltas o poco cohesionadas, que sufren procesos de erosión, acumulándose en las laderas.

Se le asigna una edad Pleistocena a los niveles más bajos siendo holocenos los superiores.

### **1.2.4. Cantos en matriz limo-arcillosa. Coluviones y conos de deyección. Limos y arcillas con cantos. Depósitos aluvial-coluvial (21, 22 y 23). Holoceno**

En este apartado se incluyen un conjunto de formaciones superficiales actuales o subactuales que presentan características similares en cuanto a su composición litológica (limos, arcillas con algún canto de caliza y arenisca). Se agrupan asimismo en un mismo apartado por presentar una génesis semejante, ligada a procesos de arroyada y gravedad, típicos de un clima semiárido.

Se han diferenciado en la cartografía en función de su morfología.

Se le atribuye una edad Holocena.

### **1.2.5. Arenas, limos y arcillas con cantos. Aluviales y fondos de vales (24). Holoceno**

Se incluyen estos depósitos en un apartado, debida a su gran extensión y predominio que ocupan dentro de la hoja. Se caracterizan por presentar matrices areniscoso-limosas con

algunos cantos y gravas de calizas, dispersos, con escasa organización interna. El espesor es difícil de estimar, pero no superan los 2 m.

Están fuertemente afectados por actividades antrópicas (laboreo agrícola), por lo que el depósito está muy reelaborado.

Su edad es Holoceno.

## 2. TECTONICA

### 2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La hoja de Fabara (443) está situada en el sector centro-meridional de la Cuenca del Ebro.

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

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

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 es el Mioceno quien constituye la base del Terciario. Esto es un reflejo de la evolución de la deformación en el orógeno, hacia el antepaís y progresivamente más moderna de este a oeste. Así, es en La Rioja donde se registra la actividad compresiva más moderna, Mioceno medio en las Sierras de Cameros y Demanda y Vindoboniense en la Sierra de Cantabria, mientras que en esa misma época los Catalánides se encuentran sometidos a un régimen distensivo dominante.

El estudio de superficie de la Cuenca del Ebro muestra una estructura geológica muy sencilla, con capas subhorizontales o con buzamientos muy suaves en la mayor parte de la cuen-

ca, excepción hecha de aquellas áreas próximas a las cadenas colindantes. Las deformaciones más abundantes en la cuenca están ligadas a fenómenos halocinéticos. Sin embargo, la cartografía de detalle pone de manifiesto la existencia de estructuras que, si bien no suelen ser deformaciones de gran intensidad, sí presentan cierta continuidad lateral reflejada por la presencia de direcciones paralelas a las estructuras ibéricas a lo largo de prácticamente la totalidad de la cuenca, así como otras de orientación NNE a NE, más difíciles de detectar. Estas direcciones preferentes también se manifiestan en los lineamientos detectados con imágenes de satélite y parecen ser reflejo en superficie de estructuras mayores que en algunos casos llegan a afectar al sustrato, como ponen de relieve los, hasta el momento no muy abundantes, datos de subsuelo.

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

## 2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

La estructura geológica de la hoja de Fabara es muy sencilla, con buzamientos de los estratos inferiores a 2° excepto anomalías muy localizadas. La estructura general muestra un basculamiento constante de 1° hacia el O y NO, siendo más acusada la inclinación de las capas en las proximidades de los márgenes oriental y meridional.

No se aprecian estructuras de plegamiento a pesar de la proximidad del borde septentrional de la Cordillera Ibérica, si bien en las proximidades de Maella (unos 4 km al sur de la hoja) aparece ya una estructura de este tipo bien desarrollada, así como un pliegue anticlinal en la parte meridional de la vecina hoja de Caspe.

La característica más extendida desde el punto de vista estructural es la presencia de un diaclasado constante en todos los niveles competentes. Este sistema de diaclasas consiste en una familia de diaclasas verticales con orientación NNO asociada a otra familia secundaria subperpendicular y se interpreta como resultado de la superposición de una compresión N-S y una distensión radial. Esta superposición origina un régimen de distensión tendente a multidireccional, con el eje de máxima compresión horizontal (o mínima extensión) en torno a N-S, es decir, coincidente con la orientación del campo compresivo. Paralela a dicha compresión se formaría la familia principal de diaclasas (N-S), y la relajación de esfuerzos producida por la fracturación daría lugar a un intercambio de ejes en el campo regional, formándose las diaclasas perpendiculares. La existencia local de otras orientaciones de diaclasas supone una perturbación del campo regional de esfuerzos por fracturas preexistentes en el sustrato.

El análisis estadístico de poblaciones de fallas normales indica la presencia de una dirección de extensión NO-SE, que se interpreta también como fruto del campo perturbado por frac-

turas mayores preexistentes en el sustrato en dirección NO-SE. Se han encontrado indicios de que algunas fracturas han funcionado inicialmente como fallas en dirección y posteriormente como fallas normales.

En algunas zonas la fracturación está tan desarrollada que condiciona netamente la orientación de la red fluvial. El caso más espectacular lo constituyen dos tramos de los ríos Ebro y Matarraña, próximos a su confluencia, con orientación NNO.

### 2.3. EVOLUCION TECTONICA

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

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

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

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

Aunque el orógeno pirenaico ha sido el que mayor incidencia ha tenido en la configuración y evolución de la Cuenca del Ebro, las demás cadenas periféricas han ejercido también cierta influencia sobre la misma, aunque quizás más restringida a los bordes. Las relaciones entre tectónica y sedimentación han permitido a ANADON *et al.* (1986) interpretar el contacto entre los Catalánides y la Cuenca del Ebro como el resultado de una tectónica de desgarré 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 superponen a las estructuras de plegamiento de los Catalánides (fosas del Vallés-Penedés, Camp de Tarragona, ...). La influencia de esta tectónica extensional excede con frecuencia el dominio de las fosas, y se manifiesta en los depósitos terciarios del borde oriental de la cuenca mediante enjambres de fallas normales.

El régimen distensivo generalizado da lugar, no sólo en el borde oriental, sino en la totalidad de la cuenca y en las cadenas periféricas, a una fracturación y diaclasado (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. NEOTECTÓNICA

Hacia el Mioceno superior-Cuaternario se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que produjo un diaclasado bastante homogéneo, y débiles pero extensos basculamientos probablemente controlados por grandes fallas del subsuelo. El campo de esfuerzos sería una distensión tendente a radial con  $\sigma_3$  próximo a E-O, lo que hace que se forme una familia principal de diaclasas en torno a N-S. El intercambio de  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar a una familia secundaria en dirección E-O. No obstante, en dicho campo de esfuerzos se producirían, además varios tipos de anomalías:

- 1) El intercambio de  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  en el plano vertical N-S, indicado por la presencia de diaclasas y microfallas que representan planos de cizalla de tipo direccional formados bajo una compresión tectónica horizontal.
- 2) El intercambio de  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  en la horizontal tras producirse las primeras fracturas tensionales N-S, que daría lugar a una familia secundaria en dirección E-O.
- 3) Las microfallas analizadas denotan la presencia de un campo perturbado probablemente por la actividad de las mismas fallas de sustrato que controlaron los basculamientos, dando una dirección de extensión máxima en torno a SE a SSE.

Durante el Cuaternario siguen produciéndose fracturas N-S y E-O, y también NO y SO, que muestran una coherencia bastante aceptable con el campo de esfuerzos reciente inferido de la fracturación que afecta a los materiales oligocenos.

### 3. GEOMORFOLOGIA

#### 3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La hoja de Fabara se sitúa en la zona Centro-Oriental de la Unidad Fisiográfica de la Depresión del Ebro.

La región está sometida a un régimen climático mediterráneo de carácter continental con temperaturas medias anuales de unos 15-16° y precipitaciones medias anuales en torno a los 300-400 mm, lo cual origina la marcada semiaridez de la zona.

Orográficamente la hoja se divide en dos dominios topográficamente diferentes. La mitad occidental se caracteriza por presentar relieves medios, con áreas más o menos planas correspondientes a niveles estructurales (superficies), delimitadas por una amplia red de valles de fondo plano (conocidos como "vales" en la región), y cuya cota máxima se sitúa a 439 m en el pico Vesecri ubicado sobre una amplia superficie estructural en el cuadrante NE.

La mitad oriental, queda definida por el fuerte encajamiento de la red fluvial, configurando un relieve más abrupto, con laderas escarpadas y donde destaca una amplia superficie culminante en el sector noreste en la que se encuentra el vértice Escambron (492 m). Finalmente el sector sureste constituye una plataforma elevada fuertemente disectada por la red fluvial en la que se encuentran las mayores elevaciones de la hoja (510 m).

Los principales cursos fluviales que drenan la zona son el río Ebro, su afluente el Matarraña y un emisario de este último, el río Algas.

El Ebro discurre fuertemente encajado por la mitad noroccidental, entra desde la vecina hoja de Mequinenza con una dirección aproximada N-S, para variar bruscamente en sentido E-O a la altura del pueblo de Fayón, coincidiendo con el represamiento de sus aguas (embalse de Ribarroja y embalse de Flix).

Por su margen derecha vierte sus aguas el río Matarraña, después de atravesar la hoja de este a oeste con un trazado fuertemente sinuoso. El río Algas desemboca en este último constituyendo ambos los principales cursos fluviales que drenan la mitad meridional de la hoja.

El resto de la red queda caracterizada por abundantes cursos de escasa entidad y circulación intermitente, distribuidos a lo largo de toda la hoja.

La economía del área, se basa fundamentalmente en la agricultura, con desarrollo de cultivos de secano (almendros y olivos), y de regadío concentrados en las vegas del río Matarraña y Algas.

El cuadrante suroriental, coincidiendo con un carácter más montuoso, presenta una importante masa forestal, conservándose un extenso bosque de pinos (fundamentalmente) de carácter autóctono.

#### 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, causa principal del vaciado erosivo y acarreo de los materiales denudados, y otros más recientes -antrópicos- marcarán las pautas dominantes en la evolución morfogenética reciente del área, dentro del contexto de una sistema morfodinámico de carácter semiárido.

### 3.2.1. Estudio morfoestructural

En la hoja de Fabara se diferencian dos dominios geológicos. Así, la mitad norte se caracteriza por el predominio de una sedimentación carbonatada, donde alternan términos arcillo-margosos, susceptibles a la erosión con niveles o bancos de caliza más resistentes, lo que condiciona el desarrollo de superficies estructurales. En algunos casos, las primitivas superficies sufren procesos de desmantelamiento, bien por procesos erosivos o por acciones antrópicas en cuyo caso se han cartografiado como superficies degradadas.

Los frentes conforman escarpes estructurales, pudiendo limitar desniveles superiores a los 100 m.

En el cuadrante centro-occidental es característica la aparición de pequeños relieves invertidos coincidiendo con la presencia de paleocanales de naturaleza areniscosa exhumados, intercalados en la serie terciaria de carácter arcillosa, y que por su naturaleza más resistente quedan preservados de la erosión.

La mitad meridional de la hoja, dominada por litologías más lábiles (arcillas y margas) alternando con niveles carbonatados, está afectada sobre todo por importantes procesos de incisión. Destacan determinadas anomalías en el trazado de la red local de esta zona que se traducen en tramos claramente rectilíneos, y aunque son de pequeña longitud pudieran responder a un control estructural de los mismos provocado por la presencia de pequeñas fracturas de reciente actividad.

Coincidiendo con niveles carbonatados, más resistentes a la erosión, aparecen pequeñas superficies estructurales.

### 3.2.2. Estudio del modelado

#### 3.2.2.1. Laderas

Las laderas constituyen una parte fundamental en la composición del relieve y el paisaje, tanto por si mismas como porque proveen de aportes de agua y sedimentos a la red de drenaje.

Son frecuentes en todo el ámbito de la hoja los procesos de regularización, dando lugar a la aparición de laderas con perfiles cóncavos que enlazan con el nivel de base local. En ocasiones este enlace se hace a través de una cobertera de material detrítico haciéndose más abundante en la parte basal, en cuyo caso se han cartografiado como coluviones.

En muchos casos, sobre todo en la mitad oriental, aparecen vertientes relacionadas con litologías muy resistentes, desarrollando perfiles casi rectilíneos con un enlace brusco con el valle que delimitan.

### 3.2.2.2. *Formas fluviales*

Las principales morfologías y depósitos de origen fluvial presentes en la hoja de Fabara están relacionados con la actividad del río Ebro, Matarraña y Algas. Destacan asimismo aquellas ligadas al barranco de Val Major y barrancos de Barball y Francisco.

Se han diferenciado 4 niveles de terrazas, preservados en algunos casos como pequeños relieves aislados y totalmente colgados con respecto al nivel del cauce actual. Un hecho importante a reseñar es el total o parcial desmantelamiento por erosión de muchos de estos niveles de terraza, quedando únicamente evidencias de su situación por pequeños depósitos de gravas y determinadas morfologías aplanadas que aparecen alineadas a una determinada cota. En muchos casos el proceso erosivo ha sido tan intenso que el propio depósito de gravas desaparece de su ubicación inicial, pasando a formar parte de un ligero tapiz de derrubios que cubre las laderas del valle.

De la distribución espacial de estos niveles de terraza se deduce un cambio de posicionamiento del río Matarraña y Ebro con respecto a la trayectoria que sigue actualmente.

Esta variación del curso fluvial se traduce en un desplazamiento lateral del cauce hacia el sur, sobre todo a partir del depósito del nivel **b**, cuyas evidencias quedan preservadas en forma de antiguos meandros abandonados, de los cuales destacan el de Nonaspe, situado enfrente del pueblo del mismo nombre y los sucesivos ubicados en Fayón. Generalmente están mal conservados, debido a procesos posteriores de incisión por parte de la red fluvial y la intensa acción antrópica a la que están sometidos.

Por este motivo el primitivo depósito fluvial ha sufrido sucesivos episodios de retrabajamiento y movilización, por lo que se ha optado por cartografiarlo como depósito de aluvial-coluvial.

El desplazamiento lateral, queda reflejado asimismo en el resto de la red fluvial, sobre todo afectando a los barrancos del sur de la hoja (Vall Batea, Vallivés, Vall de Barball y Francisco).

En este caso, la morfología de meandro abandonado queda perfectamente caracterizado, siendo posible además reconocer un nivel de terraza a 10-20 m, de edad Holocena.

Los procesos fluviales de erosión actual cobran una importancia relevante, haciéndose predominantes en la mitad oriental de la hoja. Estos procesos originan la aparición de abundantes barrancos de incisión lineal, que en ocasiones se convierten en zonas acarcavadas, sobre todo en sus cabeceras, afectadas por una intensa acción erosiva remontante.

Los barrancos de incisión lineal, quedan separados por crestas correspondientes a aristas de interfluvio. Su desembocadura sobre distintos niveles de terrazas da lugar a la formación de pequeños conos de deyección.

### 3.2.2.3. *Formas poligénicas*

Incluimos en este apartado aquellas formas y depósitos en cuya génesis interviene más de un proceso genético.

Los más importantes, por su desarrollo y extensión corresponden a 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 de naturaleza limo-arcillosa.

En la génesis de estos depósitos, intervienen aportes laterales -coluviones- de removilización de las laderas, y longitudinales de origen fluvial. ALBERTO *et al.* (1984), indican también procesos de erosión eólica en el relleno de los cursos.

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

Se han cartografiado asimismo morfologías de glaciares desarrollados en la zona centro oriental de la hoja, allí donde el río Ebro cambia bruscamente su trayectoria de N-S a E-O en el embalse de Ribarroja, y también al pie de unos importantes relieves situados al norte de la cuesta de Fayón. Se trata de morfologías de escasa extensión y pendiente generalizada hacia los distintos cauces. Están fuertemente incididos por la red de drenaje, perdiendo parte de su morfología inicial al estar afectados por actividades antrópicas.

Se incluyen en este apartado pequeños escarpes interterrazas incluidos sobre todo en la terraza de 2-7 m, originados en un primer momento por la dinámica fluvial y posteriormente retrocedidos para actividades antrópicas (canales, terrazas, etc.).

Mención especial merece la costra carbonatada desarrollada sobre una superficie estructural de naturaleza calcárea, ubicada en el cuadrante nororiental. Su extensión es difícil de delimitar, pues su evidencia se ha encontrado en forma de trozos sueltos, fracturados y a veces alterados, situados en los campos de cultivo que se instalan a lo largo y ancho de la superficie. Se caracteriza por presentar facies brechoides de unos 5-10 cm de espesor, que a veces se adelgazan para pasar a ser bandeadas. Generalmente este nivel muestra a techo morfologías propias de procesos de microkarstificación. En su génesis pueden haber influido tanto procesos de tipo edáfico como de encharcamiento-deseccación, a los que se suma posiblemente un cierto arrastre del material por arroyada.

Por último se han cartografiado depósitos aluviales-coluviales pertenecientes a los fondos de los meandros abandonados del río Matarraña y cuya génesis ya ha sido explicada en el apartado de formas fluviales.

### 3.2.2.4. *Formas antrópicas*

Como formas antrópicas se han representado las escombreras procedentes de la exploración de algunas minas de lignitos situadas en los alrededores del pueblo de Almatret. Son de escasa extensión, pero se ha optado por cartografiarlas porque suponen una modificación significativa del relieve en algunos puntos determinados de la hoja.

Asimismo se ha considerado que los embalses de Ribarroja y de Flix constituyen en sí mismos formas antrópicas en tanto en cuanto ha intervenido el hombre en su configuración.

### 3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

Una descripción más detallada de las características litológicas, morfología deposicional así como contexto geomorfológico de algunas formaciones superficiales ya se ha realizado en otros apartados.

Entre las formaciones ligadas a los procesos fluviales destacan los depósitos de terrazas desarrolladas por el río Matarraña y Algas, y en menor medida por el río Ebro, debido al fuerte encajamiento con el que discurre por toda la zona.

Se han diferenciado 4 niveles de terrazas, preservados en algunos casos como pequeños relieves aislados y totalmente colgados con respecto al nivel del cauce actual. Las cotas de estos depósitos se han asignado principalmente por datos topográficos debido a las malas condiciones de afloramiento.

NIVEL	COTA
e	2-7 m
d	20-30 m
c	35-45 m
b	55-65 m

Un hecho importante a reseñar es el total o parcial desmantelamiento por erosión de muchos de estos niveles de terraza, quedando únicamente evidencias de su situación por pequeños depósitos de gravas y determinadas morfologías aplanadas que aparecen alineadas a una determinada cota. En muchos casos el proceso erosivo ha sido tan intenso que el propio depósito de gravas desaparece de su ubicación inicial, pasando a formar parte de un ligero tapiz de derrubios que cubre las laderas del valle.

Otros depósitos a señalar, no comentados anteriormente, son los sedimentos asociados a las superficies carbonatadas, y cuya génesis es difícil de precisar, máxime cuando están afectados por un importante laboreo agrícola. Están constituidos por limos y arcillas donde se incluyen cantos subangulares de calizas. Su espesor no supera los 0,5 m, por lo que no se han reflejado en la cartografía.

Destacar también algunas formaciones de origen edáfico (suelos) de pequeña potencia y poco desarrollados.

### 3.4. EVOLUCION DINAMICA

La evolución geomorfológica de la hoja de Fabara se reconoce a partir del Cuaternario, debido a la ausencia de depósitos pertenecientes al Plioceno.

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

El cambio de régimen debió estar acompañado por un levantamiento generalizado, con vaciado erosivo en toda la depresión por parte de la red fluvial dando como resultado la creación de importantes relieves estructurales, de los que destacan las superficies estructurales ligadas a niveles de carbonatos, más resistentes a la erosión.

Posteriormente la evolución de la red fluvial regional va moldeando el relieve en sucesivas etapas de encajamiento puestas de manifiesto por la sucesión de las distintas terrazas que va dejando el río Matarraña y Ebro a su paso por la zona. Simultáneamente a la sedimentación de las terrazas se irían formando los glacis situados en la margen derecha del río Matarraña y en la izquierda del Ebro, por aportes procedentes de los relieves circundantes, y que actualmente conservan su morfología pero muy degradada.

El fuerte encajamiento de todo el conjunto de la red fluvial puede responder a dos causas principales: una bajada relativa del nivel de base local o bien un levantamiento continuo del sustrato. Esta última causa significaría que la red que actualmente se observa tiene un carácter sobreimpuesto, y se apunta como la causa más aceptada, teniendo en cuenta además el carácter regional de este fenómeno en relación con el normal desarrollo de una dinámica fluvial correspondiente a una red de estas características, ubicada en una cuenca sedimentaria como es la del Ebro.

Destaca asimismo, el control estructural de algunos cursos fluviales, puesto de manifiesto sobre todo en el trazado rectilíneo del río Ebro en unos 6 km. de su recorrido por la hoja, además de los numerosos tramos rectilíneos de la red secundaria, que con frecuencia aparecen en el cuadrante SE.

Durante el Holoceno se desarrollaron las últimas acumulaciones, representadas por los depósitos de relleno de los "vales", aluviales y conos de deyección. Asimismo se produjo una regularización generalizada de las vertientes con la formación de depósitos de ladera.

Actualmente la mayoría de los depósitos y formas se encuentran disectados por procesos de arroyada, como consecuencia de la marcada aridez del clima de la región.

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

La morfología actual de la hoja, es fruto de las marcadas condiciones climáticas de semiaridez imperantes. De entre estas morfologías destacan las fluviales, siendo los procesos erosivos los más importantes, destacando la presencia en una amplia área de barrancos de incisión lineal. Asimismo los procesos de tipo acumulativo tienen su representación en la aparición de rellenos de "vales" y en pequeños conos de deyección a la salida de los barrancos.

Los embalses de Ribarroja y Flix influyen en la dinámica de los ríos, tanto de la red principal (río Ebro y Matarraña) como de la secundaria, de tal manera que cualquier variación del nivel de agua influirá en los procesos fluviales: erosión-sedimentación relacionados con el curso principal.

El aprovechamiento de zonas llanas, así como el aterrazamiento artificial de otras, acompañado por talas de masa forestal son actividades comunes en la hoja, jugando un papel importante en la proliferación de procesos de erosión del suelo, que se contrarrestan con una mayor preservación del mismo en los fondos de "vales" y meandros abandonados.

Asimismo la implantación de importantes zonas de cultivo, tanto de regadío, sobre todo aprovechando las terrazas bajas del río Matarraña, como de secano diseminadas por toda la hoja, hacen de la actividad antrópica la principal causa de las modificaciones del relieve y del paisaje en general de cara al futuro.

#### 4. HISTORIA GEOLOGICA

La hoja de Fabara se sitúa en el sector central de la Cuenca del Ebro. Esta cuenca, corresponde a los últimos estadios de evolución de la cuenca de antepaís meridional del Orógeno Pirenaico (PUIGDEFABREGAS *et al.*, 1986), relacionada también, con la evolución de la Cordillera Ibérica, situada al suroeste y Los Catalánides, que limitan dicha cuenca por el sureste.

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

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

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

Los sedimentos que afloran en la hoja de Fabara, están comprendidos entre el Oligoceno superior (Chattiense) y el Mioceno inferior (Ageniense). Estos sedimentos forman parte de las cinco unidades genético-sedimentarias que se han mencionado en el capítulo de Estratigrafía: U. Alfés-Ribarroja, U. Fayón-Fraga, U. Mequinenza-Ballobar, U. Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca y U. Galocha-Ontiñena.

Dentro del área cartografiada, el registro sedimentario más antiguo corresponde al de los materiales que configuran la Unidad Alfés-Ribarroja, constituidos por facies aluviales. El desarrollo de facies carbonáticas edafizadas en su techo, indica la existencia de un periodo de expansión lacustre-palustre.

Los materiales fluvio-aluviales que constituyen la base de la Unidad Fayón-Fraga, indican la existencia de un periodo de reactivación de los sistemas aluviales. Las facies lacustres (terrágenas y carbonáticas) que forman su parte superior, reflejan una progresiva disminución de la actividad fluvial en la cuenca, a favor de un aumento en las condiciones de sedimentación lacustre, que tuvo lugar durante el Chattiense.

Los materiales suprayacentes corresponden a las facies aluviales, predominantemente canalizadas, que forman la parte inferior de la unidad Mequinenza-Ballobar, las cuales reflejan una nueva reactivación de los sistemas aluviales, nuevamente seguida por una expansión de las áreas lacustres.

Con la sedimentación de la base de la unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, formada por paleocanales de ríos meandriformes y por facies de llanura de inundación, queda reflejado el inicio de un nuevo periodo de reactivación de los sistemas aluviales durante el Chattiense superior. Nuevamente la sedimentación margo-carbonática de su parte superior, refleja un importante periodo de expansión lacustre en el límite Chattiense-Ageniense.

Finalmente los materiales aluviales que en la parte noroeste del área constituyen la base de la Unidad Galocha-Ontiñena, representan la última etapa de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales, que tuvo lugar en el área cartografiada, durante el Ageniense.

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

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

En el tránsito Mio-Plioceno se produce un fuerte cambio en las condiciones de sedimentación de la cuenca. Una vez terminadas las fases de depósito miocenas, de carácter endorreico, el establecimiento de la red fluvial del Ebro como sistema de transporte y erosión exorreico hacia el Mediterráneo, 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 región, relacionadas con cambios climáticos y con claro predominio global de las primeras.

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

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

## 5. GEOLOGIA ECONOMICA

### 5.1. RECURSOS MINERALES

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

No se han identificado indicios que correspondan a este apartado, pues los contenidos accesorios en U de los lignitos de la cuenca de Mequinzenza, por su aplicación específica, son describibles como mineral (metal) energético. Las dos explotaciones de caliza para la fabricación de cal, aparte de su carácter subordinado o pequeño tamaño, destinaban su producción de cal viva al enjabelgado y blanqueo de edificaciones; por lo que pueden calificarse como "roca de construcción".

#### 5.1.2. **Minerales energéticos**

Actualmente no queda actividad minera sobre una cuenca que tuvo una cierta importancia en los años de la autarquía.

Los 29 indicios identificados de lignito con un contenido accesorio de U-Th en forma de quelatos asociados a la materia orgánica, pertenecen al extremo meridional de la cuenca de Mequinzenza.

En este sector afloran los niveles más altos que a su vez muestran una tendencia a la estabilización hacia el SE en el sentido de engrosamiento detrítico de las facies en que encajan.

Los niveles no se presentan como capas unitarias con techo y muro bien definidos, sino como agrupaciones de niveles centimétricos o decimétricos que presentan un determinado relevo, lateral y hacia arriba coherente con el modelo sedimentario y evolutivo de la cuenca.

Los niveles se agrupan en subpaquetes que a su vez suelen ser la unidad de explotación minera. La identificación de qué paquetes y subpaquetes fueron explotados en cada indicio identificado excede de los límites de esta reseña y puede ser encontrada en el informe de 1983 Adaro-DGM.

La separación entre paquetes es de aproximadamente 50 m, por lo que es frecuente que cada indicio corresponda a varias explotaciones de socavón sobre distintos niveles (subpaquetes) correspondientes a uno o varios paquetes.

Tomando como base los cinco sondeos que afectan a la hoja, el resumen de los datos presentados por la intersecciones es el siguiente:

PAQUETE	PARAMETROS P: profundidad techo-muro del subpaquete. PAC: potencia acumulada carbón n: n° niveles > 10 cm	U-1	U-3	PM-2	PM-13	PM-11
1		—	P: 70-88 m PAC: 0,95 m n: 4	P: 7-18 m PAC: 0,15m n: 1	—	—
2 "Benzol"		2° superior: P: 135-151 m PAC: 1,04 m n: 8		P: 50,19-50,32 m PAC: 0,13 m n: 1	—	—
		2° inferior: P: 163-174 m PAC: 0,74 m n: 4	2° inferior: P: 106-117 m PAC: 0,48 m n: 2			
3 "Carbonífera"		P: 201-232 m PAC: 2,36 m n: 11	P: 179-190 m PAC: 0,15 m n:1	P: 71-7 m PAC: 0,38 m n:2	P: 109-132 m PAC: 0,33 m n:2	—
4 "Subfluvial"		—	—	—	P: 166-187 m PAC: 0,58 m n: 3	—
5 "Nueva"		P: 312-322 m PAC: 0,45 m n: 3	—	—	P: 221-229 m PAC: 0,60 m n:2	—

**En el sondeo U-1,** a 206,5 m se cortan 47 cm de carbón con un poder calorífico de 4361 kcal/kg, correspondientes al paquete "Carbonífera".

**En el sondeo U-3,** a 75,30 m de profundidad se cortan 63 cm con 4387 kcal/kg, correspondientes al paquete "1".

**En el sondeo PM-2,** a 75,47 m de profundidad se cortan 20 cm con 4860 kcal/kg y 22,74% de cenizas del paquete "Carbonífera".

**En el sondeo PM-13,** a 127,30 m de profundidad se cortan 20 cm con 3105 kcal/kg y 50,36% de cenizas del paquete "Carbonífera".

– a 154,10 m de profundidad se cortan 20 cm con 4375 kcal/kg y 34,49% de cenizas del paquete "Subfluvial".

- a 176,52 m de profundidad se cortan 16 cm con 4705 kcal/kg y 25,47% de cenizas, del subpaquete central del "Subfluvial".
- a 185,29 m de profundidad se cortan 27 cm de carbón con 5066 kcal/kg y 27,42% de cenizas, de la parte baja del "Subfluvial"
- a 186,74 m de profundidad se cortan 15 cm con 3793 kcal/kg y 44,66% de cenizas, también de la parte baja del "Subfluvial".
- a 220,5 m de profundidad se cortan 26 cm con 4024 kcal/kg y 42,12% de cenizas, del paquete "Nueva", subpaquete superior.
- y a 227,93 m de profundidad se cortan 34 cm de carbón con 4186 kcal/kg y 37,40% de cenizas del subpaquete central de "Nueva".

Con estos datos se presenta una perspectiva de la calidad y potencia del carbón que no es fácil deducir de los afloramientos de superficie, debido a la autocombustión. El contenido en S en general es muy elevado.

Se ha prospectado la zona por el contenido accesorio de los niveles carbonosos en minerales de Uranio y Torio. Aún no está bien establecido ni el modelo mineralogénico, ni los parámetros técnicos y económicos de su recuperación, por lo que constituyen tan solo un recurso potencial complementario a la explotación de los lignitos y aun esta última está muy condicionada por múltiples inconvenientes, de los que no es el menor el fuerte impacto ambiental de su combustión; sobre todo por su alto contenido en azufre.

Sea por este recurso potencial de minerales radiactivos, o por el lignito, aun están vigentes, e incluso de nueva inscripción, permisos de explotación e investigación, como el PI n° 2541 de Mayo/80 con 252 cuadrículas.

### 5.1.3. Rocas industriales

El inicio n° 30 corresponde a una pequeña cantera inactiva dedicada a la obtención de piedra caliza de tipo lacustre y niveles decimétricos, para la fabricación de cal viva destinada al mercado local.

## 5.2. HIDROGEOLOGIA

No existe en la hoja ningún sistema acuífero definido a escala regional.

Se pueden destacar los depósitos cuaternarios (glacis, coluviones, rellenos de valle y terrazas aluviales) por presentar una permeabilidad media aunque, debido a su pequeña representatividad en cuanto a superficie y espesor, su interés hidrogeológico es escaso.

### MINERALES METALICOS Y NO METALICOS

Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
13	X: 286.500 Y: 4576.800 Z: 320 m	Lignito	Ribarroja de Ebro (T)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Antiguas labores inactivas (posiblemente mina Aurora, 1720-171)
14 (14)	X: 279.800 Y: 4575.950 Z: 160 m	Lignito	Almatret (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Antiguas labores inactivas
15	X: 279.850 Y: 4575.400 Z: 240 m	Lignito	Almatret (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Antiguas labores inactivas
16 (12)	X: 282.750 Y: 4575.400 Z: 340 m	Lignito	Almatret (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Antiguas labores inactivas
17 (13)	X: 279.700 Y: 4575.300 Z: 300 m	Lignito	Fayón (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Corresponde a la antigua mina Ricart, inactiva
18 (16)	X: 281.300 Y: 4575.200 Z: 300 m	Lignito	Almatret (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Corresponde a las antiguas minas Regalada, inactivas
19 (16)	X: 281.200 Y: 4574.900 Z: 330 m	Lignito	Almatret (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Corresponde a las antiguas minas Regalada, inactivas
20	X: 282.200 Y: 4573.920 Z: 440 m	Lignito	Almatret (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Detectado por el sondeo U-3 de la campaña Adaro-1975

(\*) Entre paréntesis el del Metalogenético 1:20.000 (2º serie) o el del Mapa de Rocas Industriales

Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
21	X: 275.726 Y: 4573.650 Z: 290 m	Lignito	Fayón (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Detectado por el sondeo PM- 13 campaña 1983
22 (17)	X: 277.600 Y: 4572.700 Z: 100 m	Lignito (caliza)	Fayón (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio) (carbonato cálcico)	Antigua labor inactiva que también explotó caliza para horno de cal
23 (18)	X: 278.400 Y: 4572.000 Z: 140 m	Lignito	Fayón (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Corresponde a la antigua mina La Ribereña
24 (19)	X: 272.700 Y: 4570.800 Z: 140 m	Lignito	Fayón (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Antigua labor inactiva
25 (22)	X: 273.550 Y: 4570.300 Z: 100 m	Lignito	Fayón (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Antigua labor inactiva

**(\*) Entre paréntesis el del Metalogenético 1:20.000 (2ª serie) o el del Mapa de Rocas Industriales**

**MINERALES ENERGETICOS**

<b>Nº (*)</b>	<b>COORDENADA UTM X Y Z</b>	<b>SUSTANCIA</b>	<b>MUNICIPIO (Provincia)</b>	<b>MORFOLOGIA Y/O TIPO</b>	<b>MINERALOGIA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	X: 286.250 Y: 4579.100 Z: 360 m	Lignito	Almatret (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Detectado por el sondeo PM- 2, campaña 1983
2 (1)	X: 277.850 Y: 4579.200 Z: 150 m	Lignito	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Corresponde a la antigua mina Fustigueras, inactiva
3	X: 277.650 Y: 4578.980 Z: 200 m	Lignito	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Antiguas labores inactivas
4 (2)	X: 277.550 Y: 4578.650 Z: 200 m	Lignito	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Antiguas labores inactivas
5	X: 277.800 Y: 4578.650 Z: 120 m	Lignito	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Corresponde a la antigua mina Boqueretas, inactiva
6 (3)	X: 277.600 Y: 4578.400 Z: 200 m	Lignito	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Antiguas labores inactivas
7	X: 278.500 Y: 4577.900 Z: 180 m	Lignito	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Corresponde a la antigua mina Fornás, inactiva
8 (9)	X: 281.900 Y: 4577.900 Z: 280 m	Lignito	Almatret (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Corresponde a la antigua mina Torno, inactiva

(\*) Entre paréntesis el del Metalogénico 1:20.000 (2º serie) o el del Mapa de Rocas Industriales

Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
9 (7)	X: 285.250 Y: 4577.800 Z: 400 m	Lignito	Almatret (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Corresponde a la antigua mina de la Costa, semiactiva
10 (8)	X: 286.600 Y: 4576.850 Z: 300 m	Lignito	Ribarroja de Ebro (T)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Antiguas labores inactivas (posiblemente mina Doña Blanca 1573-105)
11	X: 274.000 Y: 4576.820 Z: 200 m	Lignito	Mequinenza (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Detectado por el sondeo U-1, Adaro 1975
12	X: 281.200 Y: 4576.500 Z: 220 m	Lignito	Almatret (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Corresponde a la antigua mina Asland, inactiva
26	X: 273.554 Y: 4570.199 Z: 96 m	Lignito	Fayón (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Detectado por el sondeo PM-11, campaña 1983
27 (23)	X: 275.200 Y: 4569.900 Z: 180 m	Lignito	Fayón (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Antigua labor inactiva
28	X: 271.050 Y: 4569.400 Z: 160 m	Lignito	Nonaspe (Z)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Antigua labor inactiva
29 (24)	X: 274.400 Y: 4566.650 Z: 160 m	Lignito	Nonaspe (L)	Sinsedimentaria- diagenética	Lignito (uranio)	Antigua labor inactiva

#### ROCAS INDUSTRIALES

Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
30	X: 281.800 Y: 4563.850 Z: 200 m	Caliza	Villalba de los Arcos	Sedimentaria	Carbonato cálcico	Antigua explotación inactiva para horno de cal

Las formaciones terciarias son de permeabilidad muy baja en general aunque los niveles carbonatados o detríticos más gruesos, presentes dentro de algunas de estas formaciones pueden tener cierta permeabilidad.

Debido a las características ya señaladas no se han realizado estudios hidrogeológicos de interés en la zona. Cabe señalar la realización recientemente de diversos trabajos en las hojas vecinas de Gelsa, Bujaraloz y Mequinenza en los que se estudia el comportamiento hidrogeológico del Terciario Continental y cuyas conclusiones fundamentales pueden ser aplicadas al Terciario de la hoja de Fabara.

Existen un total de 8 puntos inventariados en la hoja (1 manantial, 2 sondeos y 5 pozos) cuya distribución por octantes es la siguiente:

OCTANTE	Nº DE PUNTOS			TOTAL
	MANANTIALES	SONDEOS	POZOS	
1	—	1	—	1
2	—	1	—	1
4	—	—	1	1
5	1	—	—	1
6	—	—	2	2
8	—	—	2	2
<b>TOTAL</b>	1	2	5	8

### 5.2.1. Climatología

La red de control instalada por el Instituto Nacional de Meteorología dentro del área consta de seis estaciones (cinco pluviométricas y una termopluviométrica).

La precipitación media anual se sitúa entre los 350 y 500 mm, siendo la primavera y el otoño las épocas más lluviosas.

La temperatura media anual es de 12-16°C. La temperatura media del mes más frío es de 4-8°C y la del más cálido de 22-26°C.

La evapotranspiración potencial da valores de 800-1000 mm anuales. Los déficits son muy acusados, sobre todo en la época estival.

El clima de la hoja de Fabara varía entre Mediterráneo continental semiárido, al oeste, y Mediterráneo continental templado, con invierno tipo Avena y veranos tipo Arroz (según la clasificación agroclimática de J. PAPADAKIS). En cuanto al régimen de humedad queda definido como Mediterráneo seco o Mediterráneo semiárido.

### 5.2.2. Hidrología

El río Ebro es el principal cauce que discurre por la hoja y se encuentra embalsado en primer término por la presa de Ribarroja, situada en la parte oriental de la hoja, y después por la presa de Flix, situada en la vecina hoja de Flix.

Los ríos Matarraña y Algas son los únicos cauces perennes junto con el Ebro, confluyen ambos a la altura de Nonaspe y desembocan en el Ebro por su margen derecha .

Toda la hoja pertenece a la Cuenca del Ebro y se pueden distinguir varias subcuencas según la clasificación decimal de MOPU. De estas subcuencas destaca la del Matarraña, definida como de segundo orden. El resto son de tercer orden.

La superficie de las cuencas de recepción de los embalses de Ribarroja y Flix son de 81.914 y 82.246 km<sup>2</sup> respectivamente. La capacidad total de los mismos es de 209 Hm<sup>3</sup> para Ribarroja y 11 Hm<sup>3</sup> para Flix.

La Confederación Hidrográfica del Ebro instaló dos estaciones de aforo en la hoja a las que denomina con los números 28 y 176. La primera quedó inundada por el embalse de Ribarroja. La superficie de cuenca que se recogía en ese punto era de 80.183 km<sup>2</sup> y el caudal medio anual, calculado durante un período de 23 años, es de 443 m<sup>3</sup>/s. La estación nº 176 se sitúa en el río Algas, muy cerca de su confluencia con el Matarraña. El caudal medio anual, medido durante un período de 4 años, es de 1'85 m<sup>3</sup>/s; la cuenca de recepción es de 1.260 km<sup>2</sup>.

Con respecto a la infraestructura hidráulica, hay que señalar la existencia de numerosas acequias que se sitúan a ambos lados de los ríos Algas y Matarraña.

### 5.2.3. Características hidrogeológicas

No existe dentro de la hoja ninguna formación acuífera definida a escala regional. Por esta razón no existen estudios hidrogeológicos que definan los parámetros hidráulicos de las unidades más permeables aflorantes en la zona.

#### 5.2.3.1. Depósitos cuaternarios

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

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

Aunque las características litológicas implican una permeabilidad media de los mismos, su pequeña extensión superficial y reducido espesor hacen que los recursos de agua que puedan albergar sean muy limitados y capaces tan sólo de atender demandas muy puntuales. Únicamente caben exceptuar los depósitos próximos y/o asociados a los ríos Matarraña y Algas que se ven recargados de forma importante por los excedentes de riego, pero no se dispone de datos que permitan cuantificar los recursos de este acuífero.

### 5.2.3.2. *Materiales terciarios*

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

- Materiales impermeables o de permeabilidad muy baja: está formado por las unidades cartográficas 3, 5, 7, 8, 12 y 14. En estas unidades existe un predominio muy claro de materiales arcillosos y limosos y ocupan la mayor parte de la superficie de la hoja.
- Materiales de permeabilidad baja: está constituido por las unidades cartográficas 1, 2, 4, 6, 9, 10, 11 y 13. En las unidades 1, 2 y 4 existe un mayor contenido en areniscas en forma de paleocanales o capas intercaladas que posibilitan la existencia de sectores con mayor interés hidrogeológico dentro de las mismas aunque de forma muy puntual. En las unidades 6, 9, 10, 11 y 13 existe un mayor contenido en capas de caliza que pueden albergar ciertos recursos aunque muy reducidos.

El funcionamiento hidrogeológico de los materiales terciarios todavía no es bien conocido. Algunos estudios realizados en las hojas vecinas situadas al norte de la de Fabara los consideran en su conjunto como un medio homogéneo de baja permeabilidad. En otros trabajos se establecen hipótesis en las que considera que se comportan como un acuífero multicapa superficial.

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

### 5.2.4. **Hidrogeoquímica**

No existen análisis químicos de las aguas subterráneas. Por similitud con los materiales de las hojas vecinas y de los datos químicos existentes en las mismas, cabe esperar aguas muy mineralizadas, con una composición aniónica predominantemente sulfatada y una composición catiónica más variable: magnésica, sódica, cálcica o estados intermedios entre ellas.

## 5.3. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS GENERALES

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

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

## AREA I

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

Dentro de este área se pueden distinguir las siguientes zonas:

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

A ella pertenecen las unidades cartográficas: (3), (6), (9), (10), (11), (14) y (15).

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

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

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

A ella pertenecen las unidades cartográficas: (1), (2), (4), (5), (7), (8) y (12).

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

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

## 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 la unidad cartográfica: (16).

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

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

Los taludes son bastante inestables por su fácil erosionabilidad.

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

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

Está formada por las unidades cartográficas: (17), (18), (19) y (20).

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

Es una formación ripable y sus materiales son aptos para la obtención de gravas y préstamos.

Los taludes se mantienen prácticamente verticales.

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

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

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

Está constituida por cantos con matriz limo-arcillosa.

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

Los taludes naturales son por lo general bajos.

#### *Zona II<sub>4</sub>*

Está formada por la unidad cartográfica: (24).

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

Presenta unas características geotécnicas semejantes a las de la zona II<sub>3</sub> (descrita anteriormente).

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

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

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

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

Orográficamente esta hoja es muy accidentada. Dentro de la zona, existen, principalmente dos dominios litológicos básicamente formados por: un dominio oriental de sedimentos carbonáticos de origen lacustre-palustre y un dominio occidental constituido por sedimentos terrígeno-aluviales entre los que se intercalan facies carbonáticas.

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 6 P.I.G., con un interés variado: estratigráfico, geomorfológico, tectónico, etc., cuya utilización principal es de tipo científico y divulgativo en un ámbito local o regional.

Posteriormente y usando el mismo método de subjetividad se escogieron 2 de los 6 P.I.G. iniciales considerando que eran lo que mejor representaban los procesos geológicos acaecidos en la hoja.

#### *P.I.G. nº 1*

Se incluye el trazado del río Matarraña por su indudable valor geomorfológico. El río Matarraña discurre por materiales terciarios de diversa naturaleza: en la parte SO, hasta el pueblo de Nonaspe, son predominantes las litologías arcillo-arenosas, por lo que se desarrollan extensas llanuras de inundación y terrazas bajas. Por el contrario desde Nonaspe hasta su desembocadura, el río Matarraña se encaja fuertemente debido a la naturaleza calcárea de los materiales. Su morfología resultante en este tramo es la de un valle cerrado con vertientes escarpadas. Es posible asimismo reconocer el antiguo trazado del río si se tienen en cuenta los sucesivos meandros abandonados situados sobre todo en la margen izquierda (se pueden reconocer hasta 3 morfologías, totalmente degradadas).

#### *P.I.G. nº 2*

La unidad de Fayón-Fraga se halla constituida, en el sector sur-oriental de la hoja, por una serie fundamentalmente carbonatada que presenta intercalaciones detríticas con morfologías de "barra" que en el momento del depósito se encontraban completamente saturadas de agua (ambiente de delta lacustre). El enterramiento posterior y confinamiento entre tramos carbonatados potentes ha producido el escape de fluidos que da como resultado estas estructuras convolucionadas (*convolute bedding*), sin deformación de las calizas.

## **7. GEOFISICA Y SONDEOS**

La información referente a Geofísica de la hoja de Fabara es muy escasa, todo lo más se refiere a la información precedente de estudios de gravimetría.

La documentación principal de este origen corresponde a los trabajos pertenecientes al Proyecto de Investigación del Bajo Aragón, realizado por ENPASA en el año 1962. Esta gravimetría procede no de un dispositivo de malla sino en perfiles, con 0,5-1 estaciones/km<sup>2</sup>

No existe información referente a la sísmica en esta hoja por lo que los datos procedentes de ésta deben ser extrapolados de las líneas LM y CH situadas inmediatamente al norte.

<b>CUADRO RESUMEN DE LA INFORMACION GEOFISICA</b>	
SONDEOS	NO HAY
LINEAS SISMICAS	
GRAVIMETRIA	0,5-1 estaciones/km <sup>2</sup>
SEDT	NO HAY

## 8. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTÍ, J.; ANADÓN, P.; ARBIOL, S. y CABRERA, L. (1983-84). Biozonación mediante Roedores (Mammalia) del tránsito Oligoceno-Mioceno en el sector sureste de la Cuenca del Ebro. *Paleontología i Evolució*, nº XVIII, pp. 131-149.
- 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, pp. 35-42.
- 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. Berlin-Stuttgart.
- ALBERTO, F.; GUTIÉRREZ, M.; IBÁÑEZ, M.J.; MACHÍN, J.; PEÑA, J.L.; POCOVÍ, A. y RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1984). El Cuaternario de la Depresión del Ebro en la región aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes. *Univ. de Zaragoza. Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza*, 217, pp. 2 mapas.
- ANADÓN, P.; CABRERA, L.; COLOMBO, F.; MARZO, M. y RIBA, O. (1986). Syntectonic intradeformational unconformities in alluvial fan deposits. Eastern Ebro Basin margins (NE Spain). *En: P. H. Allen and P. Homewood (eds.). Foreland basins. Spec. Publ. I.A.S.*, 8: 33-45.
- ANADÓN, P.; COLOMBO, F.; ESTEBAN, M.; MARZO, M.; ROBLES, S.; SANTANACH, P. y SOLÉ SUGRAÑES, L. (1979). Evolución tectonoestratigráfica de los Catalánides. *Acta Geol. Hispánica*. 14: 242-270.
- ANADÓN, P.; VIANEY-LIAUD, M.; CABRERA, L. y HARTENBERGER, J.L. (1987). Gisements à vertèbres 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.
- ANADÓN, P.; CABRERA, LL.; COLLDEFORNIS, B. y SÁEZ, A. (1989). Los Sistemas Lacustres del Eoceno Superior y Oligoceno del sector oriental de la Cuenca del Ebro. *Acta geológica Hispánica*. v. 24, nº 3-4. pp. 205-230.
- ARENAS, C. y PARDO, G. (1991). Significado de la ruptura entre las Unidades Tectosedimentarias N<sub>2</sub> y N<sub>3</sub> en el centro de la Cuenca del Ebro. *Geogaceta*, 9, pp. 67-70.
- AZANZA, B.; CANUDO, J.I. y CUENCA, G. (1988). Nuevos datos bioestratigráficos del Terciario continental de la Cuenca del Ebro (sector centro-occidental). *II Congreso Geológico de España*. Granada. Vol. 1, pp. 261-264.
- CABRERA, LL. (1983). *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Oligo-Mioceno del SE de la Cuenca del Ebro*. Tesis doctoral, Univ. Barcelona. 443 pp.
- CLAVER, I.; AGUILÓ, M.; ARAMBURU, M.P.; AYUSO, E.; BLANCO, A.; CALATAYUD, T.; CEÑAL, M.A.; CIFUENTES, P.; ESCRIBANO, R.; FRANCÉS, E.; GLARIS, G.; GONZÁLEZ, S.; LACOMBA, E.; MUÑOZ, C.; ORTEGA, C.; OTERO, S.; RAMOS, A. y SAIZ DE OMEÑACA, M.G. (1984). Guías para la elabora-

- ción de estudios del medio físico. Contenido y metodología. *Manuales CEOTMA*. nº 3, MOPU. Madrid, 572 p.
- COLOMBO, F. (1980). *Estratigrafía y sedimentología del Terciario inferior continental de los Catalánides*. Tesis doctoral. Univ. de Barcelona. 608 pp. Inédito.
- CUENCA, G. (1991 a). Nuevos datos bioestratigráficos del sector oriental de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del grupo Español del Terciario, CONGET'91*. Vic, pp. 97-100.
- CUENCA, G. (1991 b). Nuevos datos bioestratigráficos del Mioceno del sector central de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del grupo Español del Terciario CONGET'91*. Vic, pp. 101-104.
- CUENCA, G., AZANZA, B.; CANUDO, J.I. y FUERTES, V. (1989). Los micromamíferos del Mioceno inferior de Peñalba (Huesca). Implicaciones bioestratigráficas. *Geogaceta*, 6, pp. 75-77.
- CUENCA, G.; CANUDO, J.I.; LAPLANA, C. y ANDRÉS, J.A. (1992). Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geol. Hisp.*, v 27 (1-2), pp. 127-143.
- ENADIMSA (1984). Investigación de lignitos en el área de Mequinenza (Zaragoza, Huesca, Lérida) (inédito).
- ENRESA (1989). Estudio de las formaciones favorables de la región del Ebro y Pirineo alóctono (E.R.A.) (inédito).
- FERRER, J. (1971). El Paleoceno y el Eoceno del borde sur-oriental de la Depresión del Ebro (Cataluña). *Mém. Suiss. Paleontol.* 90: 70 p. Basilea.
- HIRST, J.P.P. y NICHOLS, G.J. (1986). Thrust tectonic controls on Miocene alluvial distribution patterns, southern Pyrenees. *En: P. H. Allen y P. Homewood (eds.), Foreland basins. Spec. Publ., Int. Ass. Sediment*, 8, pp.247-258.
- IGME (1975). Estudio geológico y minero del área lignitífera de Calaf (inédito).
- IGME (1975). Proyecto de investigación de radioactivos del área lignitífera y uranifera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1976). Área lignitífera y uranifera de Mequinenza (Lérida-Tarragona, Huesca y Zaragoza) (inédito).
- IGME (1981). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario de Pamplona-Zaragoza (inédito).
- IGME (1981). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario del sector de Benabarre-Igualada (inédito).

- IGME (1985). Prospección previa de lignitos en el área de Pinós-Molsosa (Lérida-Barcelona) (inédito).
- IGME (1986). Prospección previa de lignitos en el área de Bages-Moianes (Barcelona) (inédito).
- IGME (1987). Síntesis Geológico-Minera de los carbones del noreste peninsular (inédito).
- J.E.N. (1977a). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- J.E.N. (1977b). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferas de la zona de Solsona-Olot (inédito).
- J.E.N. (1979-81). Estudio estratigráfico y sedimentológico del borde meridional de la Depresión del Ebro entre Alcañiz y Borges Blanques (Provincias de Teruel, Zaragoza, Lérida y Tarragona) (inédito).
- MEIN, P. (1975). Report on Activity. *RCMNS Working groups*. Bratislava, pp. 78-81.
- PÉREZ, A.; MUÑOZ, A.; PARDO, G.; VILLENNA, J. y ARENAS, C. (1988). Las unidades tectosedimentarias del Neógeno del borde ibérico de la Depresión del Ebro (sector central). In: A. Pérez, A. Muñoz y J.A. Sanchez (eds.). *Sistemas lacustres neógenos del margen ibérico de la Cuenca del Ebro. Guía Campo III. Reunión Grupo Español de Trabajo*. PICG 219: 7-20.
- PÉREZ, A.; MUÑOZ, A.; PARDO, G. y VILLENNA, J. (1989). Evolución de los sistemas lacustres del margen ibérico de la Depresión del Ebro (sectores central y occidental) durante el Mioceno. *Acta Geológica Hispánica*, v. 24 nº 3-4, pp. 243-257.
- 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.
- RIBA, O. (1955). El Terciario continental de la Rioja alta y de la Bureba. Informe nº 97, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1961). Geological Report on the Continental Tertiary of the Western Ebro Basin and Neighbouring Basins. Report CV-131, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1976). Tectogenèse et sédimentation: deux modèles de discordances syntectoniques pyrénéennes. *Bulletin du B.R.G.M.* (2ª Serie). Section 1, nº 4. pp. 383-401, 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.
- RIBA, O. (1976). Tectogenèse et sédimentation: deux modèles de discordances syntectoniques pyrénéennes. *Bulletin du B.R.G.M. (2ª Serie)*. Section 1, n° 4. pp. 383-401, 12 figs.
- SIMÓN, J.L. (1989). Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin (Spain). *Journal of Structural Geology*, vol. 11., n° 3, pp. 285-294.
- TRUYOLS, J. y CRUSAFONT, M. (1961). Consideraciones sobre la edad del yacimiento de vertebrados de Tárrega. *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, 61: 99-108.

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



SERVICIO DE PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA