



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

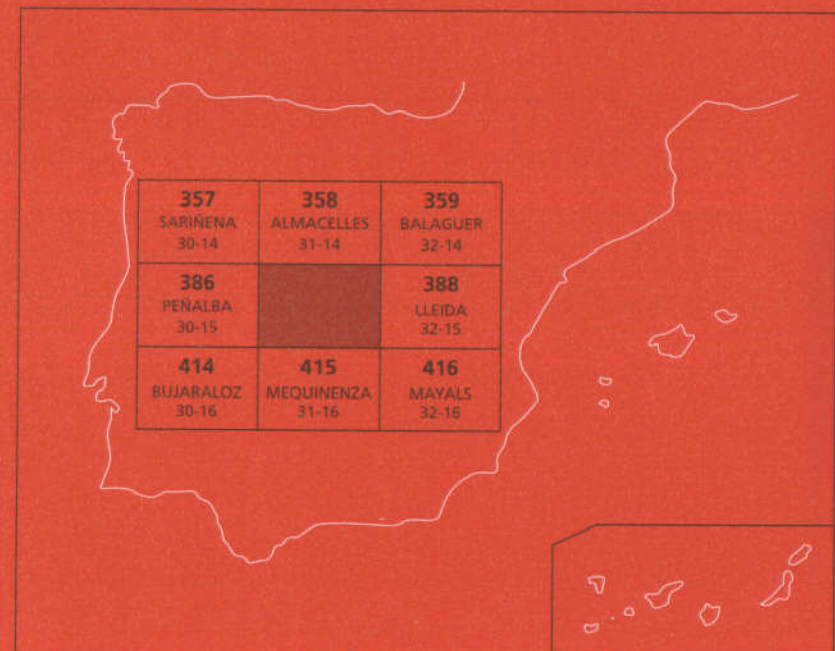
387

31-15

## MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



# FRAGA



# MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA

## FRAGA

© INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M-2.671-1998

ISBN: 84-7840-328-0

NIPO: 241-96-007-6

Fotocomposición: Rugoma, S.A.

Impresión: Máster Gráfico

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Fraga (387) han sido realizados, durante 1990 y 1991 por la Compañía General de Sondeos S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

**Mapa Geológico:** J.J. Navarro y A. Hernández (CGS)

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

**Memoria\*:**

Estratigrafía: J.J. Navarro (CGS)

Geomorfología: J.I. Ramírez (CGS)

Tectónica: J.J. Navarro (CGS)

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

Hidrogeología: R. Rodríguez (CGS)

Geología Económica: A. García (CGS)

Geotecnia: A. Hernández (CGS)

Han colaborado en aspectos parciales:

Asesoramiento en estratigrafía regional: P. Anadón (Jaume Almera-CSIC)

Asesoramiento en geomorfología regional: M. Gutiérrez (Univ. Zaragoza)

Secciones estratigráficas: E. Mateo y J.J. Navarro (CGS)

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

Sedimentología de laboratorio: A. del Olmo (CGS)

Micropaleontología: J. Ramírez del Pozo

Micromamíferos: G. Cuenca (Univ. Zaragoza)

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

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

Se pone en conocimiento del lector que en el Centro de Documentación del ITGE existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria constituida por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones
- Informes petrográficos, micropaleontológicos y sedimentológicos de dichas muestras
- Columnas estratigráficas de detalle
- Fichas bibliográficas, álbum de fotografías y demás información varia

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

# INDICE

## Páginas

0. INTRODUCCION.....	9
1. ESTRATIGRAFIA .....	11
1.1. Terciario.....	12
1.1.1. Unidad de Fayón-Fraga.....	12
1.1.1.1. Alternancia de areniscas y arcillas rojas con yeso (1).....	14
1.1.1.2. Niveles de calizas con arcillas rojas y paleocanales de areniscas (2). Chattiense.....	17
1.1.2. Unidad de Mequinenza-Ballobar .....	17
1.1.2.1. Alternancia de areniscas y arcillas rojas con yeso (3). Chattiense .....	18
1.1.2.2. Calizas con intercalaciones de arcillas y margas (4). Arcillas rojas con yeso nodular y cuerpos arenosos aislados (5). Chattiense .....	20
1.1.3. Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca .....	21
1.1.3.1. Areniscas y arcillas rojas con yeso (6). Chattiense-Ageniense.....	23
1.1.3.2. Calizas y calizas arenosas con sílex (7). Chattiense-Ageniense .....	24
1.1.4. Unidad de Galocha-Ontiñena .....	25
1.1.4.1. Areniscas con arcillas rojas (8). Ageniense .....	27
1.1.4.2. Calizas con intercalaciones margosas (9). Alternancia de areniscas y arcillas rojas con algunos niveles carbonatados (10) Ageniense.....	27
1.2. Cuaternario .....	28
1.2.1. Gravas redondeadas polimícticas, limos y arcillas (11 y 12). Depósitos del piedemonte pirenaico. Pleistoceno inferior .....	29
1.2.2. Gravas y cantos con matriz limo-arcillosa (13, 14, 16, 17 y 18). Glacis. Pleistoceno .....	29

	<i>Páginas</i>
1.2.3. Carbonatos (15). Costras calcáreas. Pleistoceno .....	30
1.2.4. Gravas y cantos con matriz limo-arenosa (19, 20, 21, 22, 23, 24 y 25). Terrazas. Pleistoceno .....	30
1.2.5. Cantos en matriz limo-arcillosa (26 y 28). Conos de deyección y coluvio- nes. Gravas y cantos con matriz limo-arcillosa (29). Glacis subactual. Limos y arcillas con cantos (30). Depósitos aluvial-coluvial. Holoceno .....	30
1.2.6. Arcillas y limos (27). Zonas endorreicas. Holoceno .....	31
1.2.7. Arenas, arcillas y gravas (31). Llanura de inundación. Holoceno .....	31
1.2.8. Arenas, limos y arcillas con cantos (32). Aluviales y fondos de valle. Holoceno .....	31
2. TECTONICA .....	32
2.1. Marco tectónico regional .....	32
2.2. Descripción de la estructura .....	33
2.3. Evolución tectónica .....	33
2.4. Neotectónica .....	34
3. GEOMORFOLOGIA .....	34
3.1. Descripción fisiográfica .....	34
3.2. Análisis geomorfológico .....	35
3.2.1. Estudio morfoestructural .....	35
3.2.2. Estudio del modelado .....	36
3.2.2.1. Laderas .....	36
3.2.2.2. Formas fluviales .....	36
3.2.2.3. Formas lacustres .....	37
3.2.2.4. Formas kársticas .....	38
3.2.2.5. Formas poligénicas .....	38
3.3. Formaciones superficiales .....	39
3.4. Evolución dinámica .....	39
3.5. Morfología actual y subactual y tendencias futuras .....	40
4. HISTORIA GEOLOGICA .....	41
5. GEOLOGIA ECONOMICA .....	42
5.1. Recursos naturales .....	42
5.1.1. Minerales no metálicos .....	42
5.1.2. Minerales energéticos .....	43
5.1.3. Rocas industriales .....	43
5.2. Hidrogeología .....	43
5.2.1. Climatología .....	47
5.2.2. Hidrología .....	50
5.2.3. Características hidrogeológicas .....	50
5.2.3.1. Aluviales de los ríos Cinca y Alcanadre .....	51
5.2.3.2. Otros depósitos cuaternarios .....	51
5.2.3.3. Materiales terciarios .....	52

	<i>Páginas</i>
5.2.4. Hidrogeoquímica .....	52
5.3. Características geotectónicas generales .....	52
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.). ...	56
7. BIBLIOGRAFIA .....	58

## 0. INTRODUCCION

La Hoja de Fraga se encuentra situada en el sector central de la Cuenca del Ebro. En su mayor parte pertenece a la provincia de Huesca, solamente el tercio oriental está situado dentro de la provincia de Lleida.

Las altitudes que presenta la hoja varían entre los 90 m en el cauce del río Cinca y los 337 m que tiene el vértice Carlistas situado sobre el amplio LLano de Las Menorcas. Ligeramente más bajos que éste último, con 314 m de cota, son los cerros que se alzan próximos al Plá de Raymat en la esquina nororiental de la hoja.

Hidrográficamente los cauces presentes en la hoja de Fraga son tributarios del río Ebro, fundamentalmente a través de los ríos Alcanadre y Cinca. El sector oriental es drenado por una red de "vales" o cursos de agua esporádicos que convergen fuera de la hoja en el río Segre, en las proximidades de la localidad de Alcarràs.

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

La economía de la zona es principalmente agrícola, basada en el cultivo de cereales y de productos hortofrutícolas en las vegas de los ríos Alcanadre y Cinca. Los Canales de Aragón y Cataluña, Ballmanya y Zaidín permiten la reconversión en cultivos de regadío de gran parte de los cultivos de secano existentes en la zona.

La densidad de población es moderada, distribuyéndose de forma dispersa en numerosas localidades, fundamentalmente en las proximidades del río Cinca. Son, por lo general, de reducido tamaño a excepción de la localidad de Fraga. Los principales núcleos urbanos son Fraga, Velilla de Cinca, Ballobar, Chalamera, Osso, Almudáfar, Zaidín y Giménells.

Geológicamente la región se sitúa en la zona central de la Cuenca del Ebro. Los materiales que constituyen el relleno de la cuenca son sedimentarios, de origen continental y de edad



Oligoceno superior a Mioceno inferior en la hoja. La distribución de facies que presentan, sigue la distribución general de la cuenca miocena en este sector. Así, en la mitad nororiental de la hoja, afloran facies detríticas de origen aluvial con escasas intercalaciones carbonáticas de origen lacustre. En el sector suroccidental, por el contrario predominan las facies carbonáticas, con algunas intercalaciones detríticas y ocasionalmente con presencia de yesos nodulares dispersos en la masa arcillosa.

La estructura es muy sencilla, teniendo los materiales una disposición subhorizontal. Sólo a escala regional son observables buzamientos de 2 a 3° en el sentido NE-SO.

Desde el punto de vista morfológico en la hoja de Fraga tienen representación las subunidades morfológicas de las cuevas intermedias, terrazas y glaciés.

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

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

Hasta el momento no hay un acuerdo internacional para situar el límite Oligoceno-Mioceno en las secuencias marinas y no se ha precisado qué unidad de MEIN correspondería a la base del Mioceno en las series continentales. Sin embargo CUENCA *et al.* (1992) indican que el cambio faunístico representado por la aparición de faunas semejantes a la del yacimiento de Autol junto con la desaparición de faunas típicamente oligocenas, coincide con la base del estratotipo del Ageniense que incluye la zona MN 1 en su base. Este criterio es coherente con los datos del estratotipo del Aquitaniense por lo que siguiendo a CUENCA *et al.* (*op. cit.*) el límite Oligoceno-Mioceno debe situarse en la base de la zona MN 1 o en la base de la MN 2a pero nunca por encima de esta unidad. Otro dato independiente que permite precisar más la posición del límite Oligoceno-Mioceno en la Cuenca del Ebro es el estudio paleomagnético de los materiales del tránsito Oligoceno-

Mioceno en la Cuesta de Fraga realizado en el seno de este proyecto por el Instituto de Ciencias de la Tierra (Jaume Almera). Este trabajo permite situar el límite O-M en el cron 6 Cr de la escala de HARLAND (1982) reconocido en un nivel de lutitas situado por debajo del yacimiento de micromamíferos TC-68 (AGUSTI *et al.*, 1988) correspondiente a la base de la zona MN 1. Por lo tanto, de acuerdo con estos datos en la escala bioestratigráfica adoptada para esta hoja se hace corresponder la base de la zona MN 1 con el límite Oligoceno-Mioceno.

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

## 1. ESTRATIGRAFIA

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

En la hoja se distinguen tres agrupaciones de facies constituidas por:

- Alternancia de tramos detríticos con algún nivel carbonatado intercalado. Aflora principalmente en el sector noreste de la hoja.
- Alternancia de arcillas, margas y calizas con algún nivel arenoso. Aflora en el sector suroeste de la hoja en la parte inferior de la serie.
- Alternancia de margas y calizas. Aflora en el sector suroeste, en la parte superior de la serie.

Estas asociaciones de facies representan desde ambientes de depósito más proximales a ambientes más distales que evolucionan lateralmente de unos a otros de forma continua y gradual. Para los tramos superiores de la serie, cuya área de aportes es pirenaica, la evolución se realiza desde la parte nororiental, donde se encuentran las facies más proximales, hasta la parte suroccidental de la zona, donde se desarrollan las facies más distales. Para los tramos inferiores de la serie que afloran al sur de la hoja, en las laderas del valle del Cinca, la procedencia de los aportes es del sureste (procedencia catalánide).

La interdigitación de depósitos correspondientes a distintos ambientes deposicionales permite observar una ordenación vertical rítmica en los sedimentos de este sector. Cada uno de estos ritmos, en líneas generales, está constituido en su base por sedimentos aluviales distales y en su parte superior por sedimentos de ambientes lacustre-palustres, tanto carbonáticos como evaporíticos. El límite inferior de cada ritmo es un cambio rápido de facies, mientras que el tránsito de los sedimentos aluviales basales a los superiores lacustres dentro del propio ritmo, se produce de forma gradual.

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

Desde este punto de vista, se han diferenciado en el sector central y oriental de la Cuenca del Ebro un total de veinte unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendida entre el Priaboniense superior y el Aragoniense-Vallesiense, de las cuales sólo cuatro llegan a aflorar en la hoja de Fraga y tienen una edad comprendida entre el Oligoceno superior y el Ageniense. Estas unidades reciben, de base a techo, los nombres de: Unidad Fayón-Fraga, Unidad Mequinenza-Ballobar, Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca y Unidad Galocha-Ontiñena. (ver figura 1). En la figura 3 puede observarse un ensayo de correlación entre estas unidades y las unidades tectosedimentarias (UTS) definidas por PEREZ *et al.* (1988) y ARENAS y PARDO (1991).

Desde el punto de vista litoestratigráfico los materiales terciarios que afloran en la hoja de Fraga forman parte de las formaciones Sariñena, Alcubierre (Mb. Bujaraloz) y Mequinenza (incluyendo el Mb. Los Arcos) de QUIRANTES (1969). Son igualmente equivalentes a las unidades litoestratigráficas Lutitas y calizas de La Granja d'Escarp, Lutitas de la Cuesta de Fraga, Calizas de Torrente de Cinca y Lutitas y calizas del Llano de Cardiel de CABRERA (1983) (ver Fig.1). La totalidad de los materiales que conforman estas unidades son equivalentes a parte de la Formación Urgell de RIBA (1967).

En la hoja de Fraga se realizaron dos sondeos de exploración petrolífera: Fraga-1 y Ballobar-1. En ambos sondeos la base del Terciario se encuentra a una cota muy próxima, entre 763 y 813 m por debajo del nivel del mar.

## 1.1. Terciario

### 1.1.1. Unidad de Fayón-Fraga

Esta unidad genético-sedimentaria comprende los materiales más antiguos observados en la hoja. Aflora fundamentalmente en el sector sureste y en los márgenes del río Cinca, en el límite meridional de la hoja. También se extiende por las hojas vecinas de Mequinenza y Maials. La carretera Nacional II proporciona buenos cortes de la unidad en ambas vertientes del valle del río Cinca, en las proximidades de la localidad de Fraga.

Se ha reconocido detalladamente en las columnas estratigráficas (02) Fraga y (03) Las Ventas. En ambas alcanza 90 m de potencia, sin haberse reconocido la base de la unidad, que aflora en la hoja de Lleida.

EDAD			UNIDADES GENETICO SEDIMENTARIAS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		DESCRIPCION DE LAS LITOLOGIAS HOJA DE FRAGA	YACIMIENTOS PALEONTOLOG.
SERIE	PISO	U. MEIN		Quirantes (1969)	Cabrera (1983)		
MIOC.	AQUIT.	MN-2a	U. GALOCHA-ONTIÑENA	Fm. Alcubierre Mb. Bujaraloz Calizas de Cardiel	Lutitas Calizas del Llano de Cardiel	10. Arcillas rojas con algunos niveles arenosos y carbonatados. 9. Calizas con intercalaciones margosas. 8. Alternancia de areniscas y arcillas rojas.	- Ballobar 21 (1)
		MN-1	U. TORRENTE DE CINCA- ALCOLEA DE CINCA		Calizas de Torrente de Cinca	7. Calizas y calizas arenosas con sílex. 6. Areniscas y arcillas rojas con yeso.	
OLIGOCENO	CHATTIENSE		U. MEQUINENZA-BALLOBAR	Fm. Mequinenza	Lutitas y Calizas Grana de Escarp. Lutitas de la Cuesta de Fraga	5. Arcillas rojas con yeso nodular y cuerpos arenosos y carbonatados aislados. 4. Calizas con intercalaciones de arcillas y margas. 3. Alternancia de areniscas y arcillas rojas con yeso.	- TC-68 (1) - Ontiñena 1 - Fraga 11(1) - Ballobar 12 (1)
			U. FAYON-FRAGA			2. Niveles de caliza con arcillas rojas y algún canal arenoso. 1. Alternancia de areniscas y arcillas rojas con yeso.	- Fraga 6-7 (1)  - Fraga 2-4 (1)

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

La posición cronoestratigráfica de esta unidad puede precisarse con los yacimientos de vertebrados Fraga-2 y Fraga-4 estudiados por AGUSTI *et al.* (1988), que permiten incluirla en el Chattien (Oligoceno Superior), comprendiendo al menos parte de las biozonas de *Eomys major* y *Eomys aff. major* definidas para el sector suroriental de la Cuenca del Ebro, correspondientes al nivel de referencia MP-27 de Boningen, SCHMIDT-KITTLER (1987).

La figura 2 representa la distribución de facies de la Unidad de Fayón-Fraga en el sector centro-oriental de la Cuenca del Ebro.

Dentro de la U. de Fayón-Fraga se han diferenciado en la cartografía dos asociaciones de facies. La más frecuente está constituida por una alternancia de areniscas y arcillas rojas con yeso (1). La segunda litofacies está formada por calizas con arcillas rojas y areniscas con morfología canaliforme (2).

#### 1.1.1.1. Alternancia de areniscas y arcillas rojas con yeso (1)

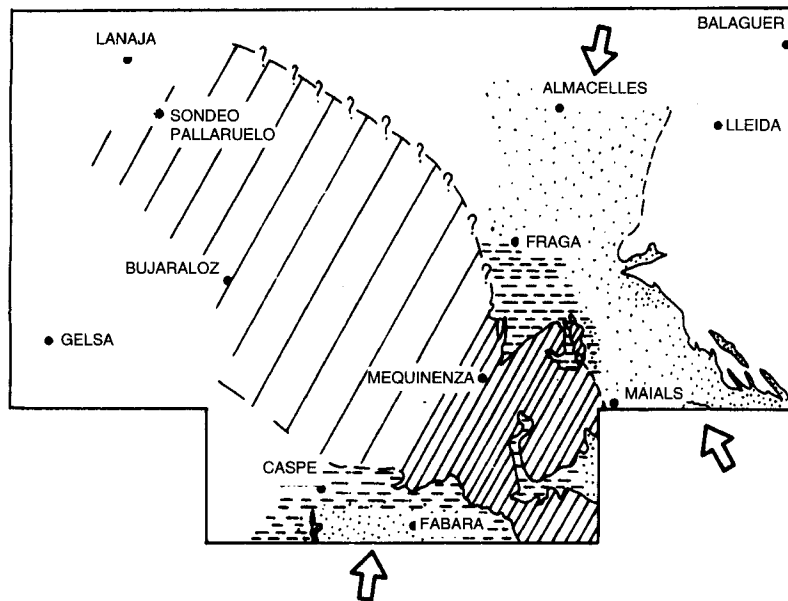
Esta asociación de facies se extiende por el borde oriental de la hoja; hacia el norte y el oeste estos materiales quedan cubiertos por sedimentos más modernos, que impiden observar su tránsito hacia facies más distales.

Las areniscas son pardo-verdosas, de grano medio a grueso, con biotita y un contenido variable en yeso, tanto como elemento detrítico como cemento. Se presentan en cuerpos de forma lenticular de 1 a 2 m de potencia máxima (excepcionalmente de 5 m), y de extensión decamétrica.





En los cuerpos arenosos las estructuras sedimentarias más frecuentes son las bases erosivas, granoselección positiva, estratificaciones cruzadas planares de alto y bajo ángulo y en surco, y bioturbación de moderada a abundante a techo de algunos bancos. También suelen presentar superficies onduladas debidas a escapes de agua (*convolute bedding*) y laminación cruzada de pequeña escala, ocasionalmente de tipo *climbing ripples*. La geometría de muchos de estos cuerpos arenosos es de tipo de barra de meandro (*point-bar*). (Ver figura 3A).

Las arcillas y limolitas son fundamentalmente rojizas y localmente pueden presentar coloraciones grisáceas o verdosas, sobre todo en las zonas de contacto con niveles de carbonatos o sulfatos. Con frecuencia incluyen niveles de yesos nodulares y venillas de yeso, que a veces presentan un aspecto estratiforme.

De las características sedimentológicas observadas puede deducirse que los materiales detríticos se depositaron en áreas distales de abanicos aluviales, que retrogradaron ligeramente en el tiempo mostrando una distalización de base a techo. Se trataría de una llanura aluvial con depósitos de canal, de desbordamiento y desarrollo de procesos edáficos sobre niveles arcillosos en la llanura aluvial.

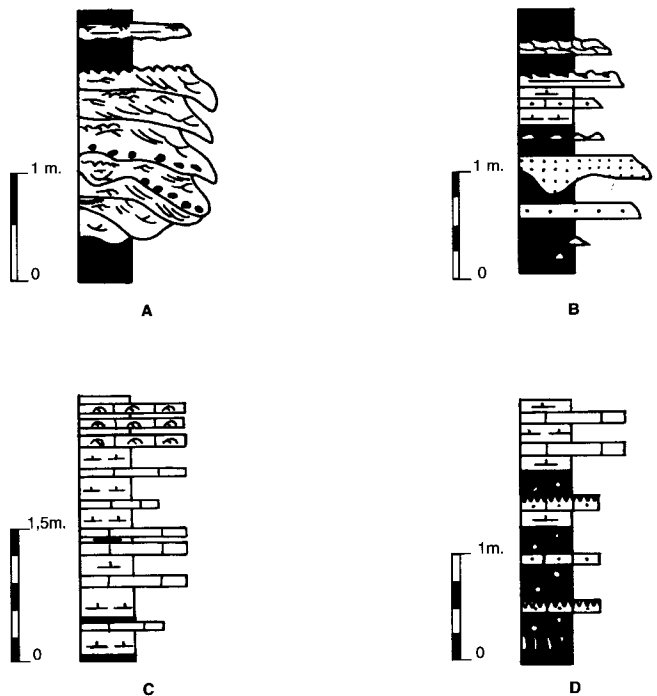


# LEYENDA














-  Facies fluviales proximales y medias
-  Facies fluviales distales
-  Facies lacustres-palustres carbonatadas
-  Dirección de aportes

0 10 20 km  
 ESCALA APROX. 1:800.000

**Fig. 2. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Fayón-Fraga**



- A- Facies de relleno de paleocanales de ríos meandriformes. Barras de meandro.
- B- Facies de llanura de inundación.
- C- Ciclos de facies lacustres.
- D- Ciclos de facies lacustres-palustres.

		Estratificación cruzada en surco		Laminación paralela
Areniscas		Estratificación cruzada planar		Cantos blandos
		Ripples de corriente		Estratificación wavy
Calizas		Ripples ascendentes		Estratificación linsen
		Ripples de oscilación		
Margas				
				
Arcillas				

**Fig. 3. Ciclos de facies representativos de los ambientes deposicionales que se desarrollan en la hoja de Fraga**

#### 1.1.1.2. Niveles de calizas con arcillas rojas y paleocanales de areniscas (2). Chattiense

Esta asociación de facies aflora en el sector suroriental de la hoja, los bancos de calizas son más frecuentes cuanto más arriba en la serie, así como cuanto más hacia el sur y el oeste. Los niveles carbonatados se disponen en capas de potencia decimétrica, aunque localmente pueden alcanzar 2 m de potencia (columna 02-Fraga). Son calizas bioclásticas, frecuentemente bioturbadas y a veces contienen nódulos de yeso. La mayoría de las capas están constituidas por una acumulación de caráceas y ostrácodos, formando una masa blanquecina, que suele presentar bien en la base o a techo un nivel de caliza más oscuro con fragmentos de gasterópodos y laminaciones.

Los niveles arcillosos suelen presentar bioturbación por raíces y localmente nodulizaciones debidas a paleosuelos.

Las estructuras en las capas de calizas son mayoritariamente laminaciones y estructuras de corriente (*ripples*, laminaciones cruzadas y paralelas, y superficies ligeramente erosivas), en ocasiones con bioturbación de moderada a abundante.

Al microscopio las calizas pueden clasificarse como biomicritas, en que los fósiles (characeas, ostrácodos y moluscos) se encuentran en porcentajes entre 15-35%. Los pelets a veces son escasos y otras ocasiones constituyen el 8% de la muestra. Parte de las muestras se encuentran recristalizadas por esparita de grano muy fino probablemente debido a procesos edáficos.

Los niveles de calizas se interpretan como depósitos de tipo lacustre-palustre efímeros que se formaron temporalmente en áreas deprimidas de la llanura aluvial.

Diversos levigados realizados en estas facies han proporcionado los siguientes microfósiles: *Chara microcera* GRAMB y PAUL, *Hornichara lagenalis* (STRAUB) HUANG y XU, *Nitellopsis* (*Tectochara*) *meriani* (L. y N. GRAMB) y *Nitellopsis* (*Tectochara*) *globula* (MÄDLER).

En las muestras recogidas para el estudio de micromamíferos se han reconocido las especies: *Eucricetodon* cf. *dubius* y *Eomys* aff. *quercyi*.

La edad deducida del estudio del contenido fósil de esta unidad, está de acuerdo con los datos de los yacimientos de vertebrados Fraga-2 y Fraga-4 estudiados por AGUSTI *et al.* (1988) y, conjuntamente, indican una edad Chattiense para esta unidad.

#### 1.1.2. Unidad de Mequinenza-Ballobar

Esta unidad genético-sedimentaria aflora extensamente en la mitad nororiental de la hoja y en las márgenes del río Cinca, extendiéndose hacia el sur por la vecina hoja de Mequinenza.

La mejor sección para el estudio de la unidad de Mequinenza-Ballobar se encuentra en la carretera Nacional II, en la vertiente occidental del valle del Cinca. En esta zona se ha levantado la columna estratigráfica detallada de Fraga (02), donde la unidad alcanza una potencia máxima de 100 m. Se dispone de forma concordante sobre la Unidad de Fraga; el límite



entre ambas es un tramo compuesto mayoritariamente por materiales detríticos sobre el que se superponen tramos carbonatados y arcillosos.

Dentro de esta unidad genético-sedimentaria se han diferenciado tres asociaciones de facies distintas que serán descritas en los apartados siguientes. En líneas generales se puede afirmar que, en el ámbito de la hoja, las facies detríticas presentan su mayor desarrollo en la zona nororiental y las arcillosas y carbonatadas, en el sector suroccidental. La figura 4 representa la distribución de facies de la unidad Mequinenza-Ballobar en el sector centro-oriental de la Cuenca del Ebro.

La posición cronoestratigráfica de estos materiales se conoce con bastante precisión gracias a los yacimientos de micromamíferos Fraga-6 y Fraga-7, estudiados por AGUSTI *et al.* (1988), que los sitúan en la parte inferior de la biozona de *Rhodanomys transiens* y quizás ocupando la parte superior de la biozona de *Eomys aff. major*, correspondientes ambas a la parte superior del Chattense.

En la cartografía se han diferenciado las asociaciones de facies siguientes:

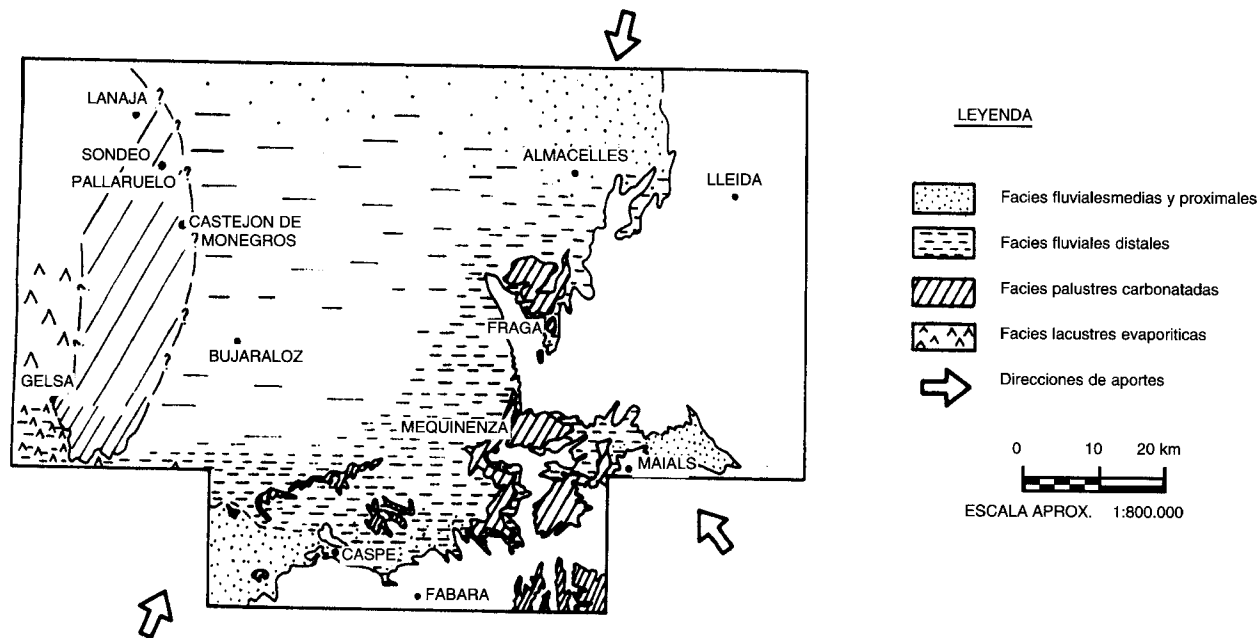
#### 1.1.2.1. *Alternancia de areniscas y arcillas rojas con yeso (3). Chattense*

Esta asociación de facies está constituida por areniscas pardo-amarillentas y rojizas de tamaño de grano medio a grueso, con mica y una considerable proporción de yeso tanto como elemento detrítico como cemento. Estas areniscas se presentan en bancos de hasta 3 m de potencia, a veces formando canales amalgamados de extensión lateral decamétrica. A veces el techo de los bancos de arenisca está bioturbado, encontrándose las perforaciones rellenas de yeso. Estos cuerpos están inmersos en una masa arcillosa y limolítica de tonalidades rojizas, con yeso nodular y delgados niveles estratiformes de yeso nodular y fibroso. Con frecuencia se observan horizontes edáficos de espesor centimétrico, con carbonataciones y trazas de raíces. Localmente, en esta asociación de facies se encuentran niveles centimétricos carbonatados, en su mayor parte bioclásticos. Las secuencias en que se ordenan estos sedimentos oscilan entre 3 y 8 m de potencia.

Los cuerpos arenosos suelen presentar granoselección positiva, bases erosivas, estratificación cruzada planar y de surco, *ripples* y bioturbación a techo de los bancos. Algunos cuerpos presentan geometría de *point-bar*.

Las arenitas pueden clasificarse como litarenitas, con la siguiente composición: cuarzo 20%, feldespato 15%, fragmentos de rocas (entre los que destacan los calcáreos) 20%, biotita 10%, cemento calcáreo 10%, cemento de yeso 20%. También aparece arcilla en proporción variable 2-5%, siendo principalmente clorita.

Las calizas pueden clasificarse como biomicritas, con un 25% de fósiles correspondiendo el resto a una matriz micrítica; tienen color oscuro debido a la abundante materia orgánica. Los fósiles, son characeas, ostrácodos y moluscos. En algunas muestras los pelets son abundantes pudiendo superar el 10%. Algunas muestras están recristalizadas y pre-



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

sentan porosidad vacuolar rellena por esparita, rasgos que pueden indicar una alteración edáfica.

De acuerdo con las características sedimentológicas observadas puede deducirse que estos sedimentos se depositaron en áreas distales de un sistema aluvial, incluyendo depósitos de canal, de desbordamiento y alteraciones por procesos edáficos en las áreas entre canales. La evolución vertical de facies muestra una progresiva disminución en el tiempo de los aportes terrígenos.

En los levigados realizados en estas facies se han podido identificar los siguientes fósiles: *Sphaerochara* cf. *davidi* FEIST-CASTEL, y diversos gasterópodos lacustres y terrestres (*Paludina*, *Helix*, *Planorbis*).

El estudio de micromamíferos ha revelado la presencia de *Eomys* aff. *quercyi*.

#### 1.1.2.2. Calizas con intercalaciones de arcillas y margas (4). Arcillas rojas con yeso nodular y cuerpos arenosos aislados (5). *Chattiense*

En la cartografía se ha podido diferenciar una asociación de facies con abundantes niveles carbonatados (4), de otra asociación de facies con predominio de arcillas rojas con nódulos de yeso, en los que los niveles de areniscas o de calizas son minoritarios (5). Ambos grupos litológicos se relacionan con la unidad (3) mediante cambio lateral de facies.

Los niveles carbonatados (4) se disponen en tramos de hasta 15 ó 20 m de potencia como máximo. Estos niveles disminuyen de potencia hacia el N y NE, llegando a desaparecer en el límite septentrional de la hoja. Las calizas son limosas dispuestas en capas con espesores que oscilan entre 10 y 30 cm. Suelen contener restos de gasterópodos y algunas caráceas y están muy bioturbadas. Cuando estas facies carbonatadas no existen, la distinción entre las unidades detríticas (3) y (1) se hace muy difícil.

Las calizas son fundamentalmente bioclásticas, presentando estructuras de corriente, llegando en ocasiones a presentar estructuras de tipo *hummocky*. A veces incluyen nódulos de yeso.

Las facies arcillosas cartografiadas como (5) se encuentran en la mitad superior de la unidad. Hacia el norte aumenta la proporción de detríticos de tamaño arena pasando lateralmente a la facies (3) en la zona centro-septentrional de la hoja. Está constituida mayoritariamente por arcillas rojas con niveles estratiformes de yeso nodular que llegan a alcanzar 0,5 m de potencia y bancos de yeso masivo blanquecino. En ocasiones se encuentran venas de yeso secundario. También incluyen paleocanales de areniscas, más frecuentes en la parte inferior, que no suelen sobrepasar 1 m de espesor, y capas estratiformes de arenisca de potencia centimétrica. Las arenitas tienen un contenido elevado en yeso, tanto como elemento detrítico como cemento. Dentro de esta asociación de facies los niveles carbonáticos son poco frecuentes, pero cuando se presentan son bancos de calizas nodulosas de 20 a 40 cm de potencia. En ocasiones se observa un tránsito lateral, dentro de un mismo estrato, de facies carbonáticas a yesíferas con fragmentos de carbonato incluidos.

Litológicamente, la unidad cartográfica 5 está compuesta por arcillas, limolitas, areniscas limo-arcillosas, calizas arenosas y yeso secundario. Los materiales detríticos tienen por componentes principales: cuarzo 18%, feldespato 8-23%, biotita 10%, matriz arcillosa (clorita) 6-15%, fragmentos de roca (calizas, principalmente) 2-25%, cemento calcáreo 10-20%, y cemento de yeso 20-30%. Las calizas tienen terrígenos (sobre todo cuarzo) en una proporción que puede llegar al 12%, los fósiles que contienen son caráceas, ostrácodos y moluscos, estando en algunos casos resedimentados ya que los niveles encajantes muestran granoselección por tamaños. El yeso es secundario mostrando textura alabastrina y porfiroblástica, y procede de la hidratación de anhidrita de la que quedan algunos restos.

Las muestras estudiadas indican que la asociación de facies carbonática (4) está compuesta por calizas micríticas parcialmente recrystalizadas a microesparita reconociéndose algunos componentes aloquímicos como "trazas" o "sombas". Así, se adivinan restos de caráceas y moluscos. La recrystalización puede interpretarse como el resultado de procesos edáficos.

El estudio de los levigados realizados en estas facies ha permitido determinar los siguientes fósiles: *Candona praecox* STRAUB, *Candona procera* STRAUB, *Nitellopsis (Tectochara) meriani* (L. y N. GRAMB), *Chara notata* GRAMB y PAUL, *Chara microcera* GRAMB y PAUL, *Rantzenella nitida* GRAMB y *Sphaerochara cf. davidi* FEIST-CASTEL. La edad es Chattiense.

Las características sedimentológicas de estos materiales permiten atribuir las facies carbonatadas a depósitos de un medio lacustre-palustre y las arcillosas a depósitos de margen de lago salino (*playa-lake*) y de áreas distales de abanico aluvial.

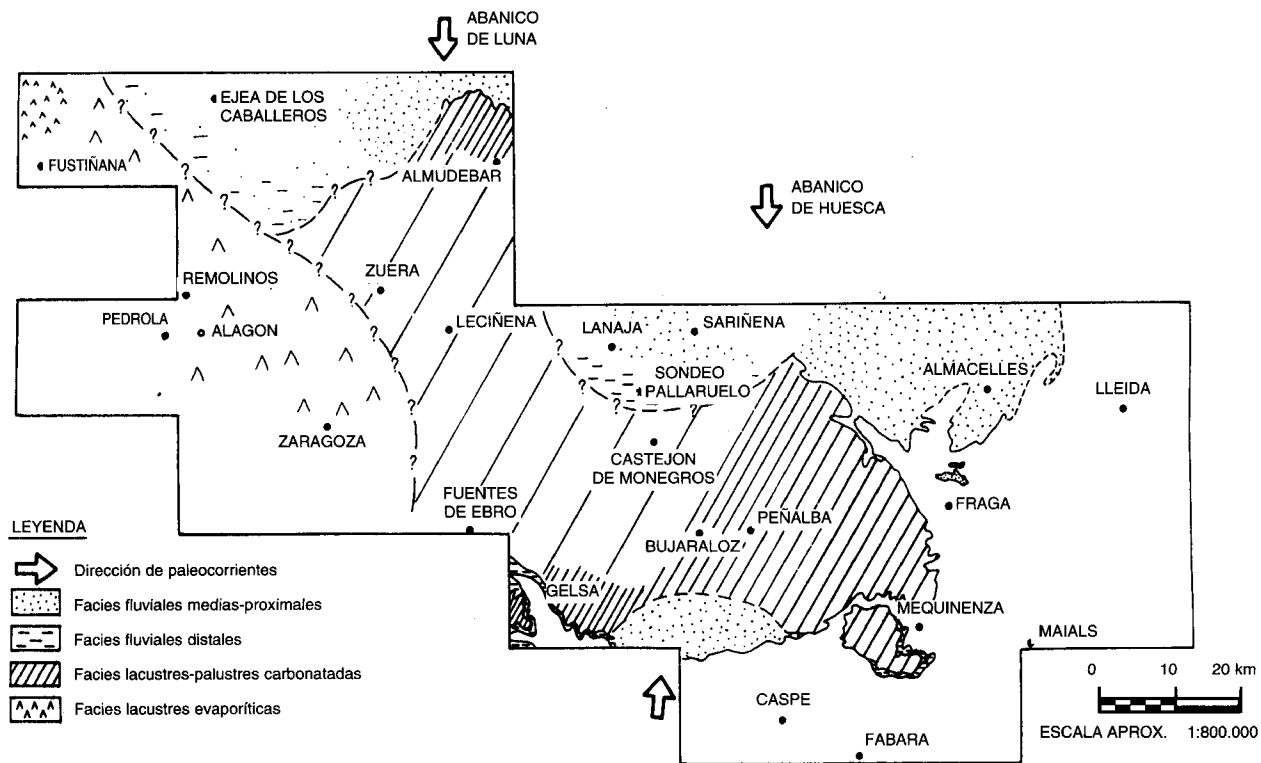
### 1.1.3. Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca

Los materiales pertenecientes a esta unidad genético-sedimentaria se extienden por el sector centro-occidental de la hoja. Está constituida por dos tramos litológicos, el inferior detrítico y el superior carbonático que muestran relaciones de cambio lateral de facies; los depósitos detríticos predominan en la zona septentrional y los carbonáticos en el sector meridional. Localmente se intercalan en esta unidad delgados niveles de lignito, situados por debajo de la parte inferior del término carbonatado. De estos niveles hay explotaciones abandonadas en Veilla de Cinca y cortas y galerías en Ballobar (Ctra. a Candanos).

En la figura 5 se puede observar la distribución de facies de esta unidad en un amplio sector de la Cuenca del Ebro.

Los materiales detríticos de la base de la unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca se superponen sobre las diferentes asociaciones de facies que constituyen la U. de Mequinenza-Ballobar: en el sector nororiental sobre las facies detríticas de la U. de Mequinenza-Ballobar, en el sector centro-meridional sobre las facies carbonáticas y en el noroccidental sobre las arcillosas.

Desde el punto de vista cronoestratigráfico, al menos la parte inferior de la unidad es de edad oligocena (Chattiense), según se desprende de los datos bioestratigráficos que aportan



**Fig. 5. Esquema de distribución regional de facies de la unidad genético-sedimentaria de Torre de Cinca-Alcolea de Cinca**

AGUSTI *et al.* (1988), con el estudio de vertebrados. Estos autores describen la fauna de los yacimientos de Fraga-11 y de Ballobar-12, situados inmediatamente debajo del tramo carbonatado, correspondiente a la parte superior de la biozona de *Rhodanomys transiens*, de edad Chattienense superior. La parte alta de la unidad puede ser ya miocena, según los datos aportados por los mismos autores que atribuyen la fauna del yacimiento TC-68, situado en la serie de Torrente de Cinca (en la vecina hoja de Mequinenza-415) a la altura de la parte superior del tramo carbonatado de la unidad) a la zona MN-1 de MEIN (1975). También se han identificado restos de micromamíferos, correspondientes a la zona MN-1 de MEIN (1975) en el yacimiento de Ontiñena (hoja de Sariñena, 357) CUENCA (1991b) situado en los niveles superiores de esta unidad. Por tanto, la edad de estos materiales corresponden al tránsito Oligoceno-Mioceno.

#### 1.1.3.1. Areniscas y arcillas rojas con yeso (6). Chattienense-Ageniense

Los mejores afloramientos de esta asociación de facies se encuentran en la margen derecha de los ríos Cinca y Alcanadre. Su potencia disminuye en sentido N-S como ya se ha explicado en el apartado anterior por cambio lateral a las facies carbonáticas. Así, en las inmediaciones de Ballobar tiene 50 m de espesor, mientras que en el área meridional, sobre la C.N.-II aflora con 20 m. También se encuentra bien representada en la zona central y septentrional de la hoja.

Su composición litológica es fundamentalmente detrítica, formada por una alternancia de cuerpos arenosos de 1,5 a 2 m de espesor (no suelen sobrepasar los 3 m) y arcillas de tonos rojizos en las que pueden observarse, localmente, niveles de yesos nodulares y fibrosos estratiformes. También se observan niveles centimétricos de carbonatos, tanto más abundantes cuanto más a techo de la serie.

Las areniscas son de grano medio con abundante yeso como componente detrítico y como cemento.

Las estructuras sedimentarias más visibles se encuentran en los tramos arenosos que suelen presentar bases canalizadas, estratificaciones cruzadas de tipo planar y en surco y *ripples* a techo de los bancos.

Estos materiales se organizan en secuencias positivas del orden de 3 a 7 m de potencia, constituidas por un tramo arenoso en la base y limolitas y arcillas a techo. En ocasiones contienen niveles milimétricos de lignito. Se interpretan como depósitos de áreas distales de llanura aluvial (ver figura 3). Existe una distalización de la unidad en el sentido NE-SO y, en vertical, hacia los niveles superiores de ésta.

En las muestras estudiadas para micromamíferos se han podido determinar las siguientes especies: *Gliravus* cf. *bruijini*, *Miodyromys* cf. *hugueneyae* y *Rhodanomys transiens*. Los estudios de levigados a su vez han proporcionado: *Chara microcera* GRAMB y PAUL, *Chara notata* GRAMB y PAUL, *Nitellopsis* (*Tectochara*) *meriani* (L. y N. GRAMB), *Sphaerochara* cf. *davidi* FEIST-CASTEL y *Rantzieniella nitida* GRAMB. El contenido fósil, junto a los datos aporta-

dos por el trabajo de AGUSTI *et al.* (1988) sugieren una edad Chattiense superior-Ageniense inferior (límite Oligoceno-Mioceno) para esta unidad.

El estudio petrológico de las arenitas permite clasificarlas como litarenitas feldespáticas con los siguientes porcentajes: cuarzo 2-10%, fragmentos de calizas 11-25%, feldespatos 11-14%, biotita 10-13%, yeso, tanto como componente detrítico como cemento, 30-35%, cemento calcáreo 2-15%.

Las calizas son biomicritas con caráceas, ostrácodos y moluscos. El porcentaje de los fósiles oscila del 9 al 40%, además se encuentran pelets en proporciones del 2 al 4%. Las muestras se encuentran parcialmente recrystalizadas debido posiblemente a procesos edáficos.

#### 1.1.3.2. *Calizas y calizas arenosas con sílex (7). Chattiense-Ageniense*

Esta asociación de facies aflora únicamente dentro de la hoja, en la margen derecha de los ríos Alcanadre y Cinca. Su potencia aumenta de norte a sur, al contrario que las facies detríticas (6), pasando de unos 20 a 30 m en la zona de Ballobar, a 60 m en la C.N.-II, al sur de la hoja.

Esta unidad cartográfica está formada por calizas bioclásticas, de tonos amarillentos y grisáceos, a veces fétidas, en su mayoría arenosas y en ocasiones margosas, con fragmentos de gasterópodos y caráceas. En la parte superior de la serie, las calizas contienen abundantes nódulos de sílex, formando estructuras arrosariadas, por coalescencia de nódulos en el mismo nivel. Los carbonatos se ordenan en capas de potencia variable desde algunos cm hasta 1 m, pero la mayor parte tienen un espesor de 0,50 a 0,70 m. Entre las capas de caliza se intercalan niveles de margas grises, localmente con niveles de lignito, que en ocasiones contienen abundantes restos orgánicos.

Hacia el sur, entre los niveles carbonatados de la parte superior, se intercalan tramos de arcillas rojas, de varios metros de potencia (5 a 8), con yeso nodular, estratiforme y disperso, e incluso con algún estrato, de más de 1 m de potencia, de yeso masivo con restos de carbonato incluidos (facies de transición de calizas a yesos).

Las estructuras sedimentarias más frecuentes son estructuras de corriente, laminaciones cruzadas planares de bajo ángulo y en menor proporción en surco, *ripples* y superficies onduladas. Los techos de las capas presentan bioturbación de moderada a abundante, y en ocasiones superficies ferruginizadas. Algún banco presenta estructuras tipo *hummocky*.

Estas facies se organizan en secuencias formadas en la base por un banco de caliza, con base ligeramente erosiva y techo ondulado que hacia la parte superior pasa a niveles de calizas margosas, de aspecto noduloso que aumentan progresivamente hacia arriba su contenido en arcillas. Cuando la secuencia es completa a techo se encuentran margas grises y negruzcas con pasadas de lignito.

Esta asociación de facies puede interpretarse como depósitos carbonáticos de ambientes lacustre-palustres de salinidad normal; en períodos secos, acompañados de un descenso del nivel del lago se desarrollaron en áreas marginales pequeñas áreas de sedimentación carbonático-evaporítica.

Las muestras estudiadas pueden clasificarse como biomicritas (*wackestones* y *mudstones*). El porcentaje de los fósiles -caráceas, ostrácodos y moluscos- varía del 15 al 35%; otros aloquímicos son escasos destacando entre ellos los pelets 3-5%. Gran parte de las calizas están recristalizadas en esparita de grano fino y muy fino, que enmascara la textura original, quedando los aloquímicos como sombras. Algunas calizas tienen porcentajes de granos de cuarzo que pueden llegar al 9%.

A esta unidad se le atribuye una edad Chattienense-Ageniense en base a los datos de los yacimientos de vertebrados de Fraga-11, Ballobar-12 y Torrente de Cinca 68 descritos en AGUSTI *et al.* (1988). Esta atribución se ve apoyada por las caráceas: *Chara microcera* GRAMB y PAUL, *Chara notata* GRAMB y PAUL, *Rantzieniella nitida* GRAMB y *Candona procera* STRAUB, reconocidas en levigados, y las especies de micromamíferos: *Ebromys bergasensis* y *Rhodanomys transiens*.

#### 1.1.4. Unidad de Galocha-Ontiñena

Los sedimentos de la unidad genético-sedimentaria de Galocha-Ontiñena, que constituyen el techo de la serie terciaria de la hoja, afloran en la esquina suroccidental de la hoja. Esta unidad también se encuentra bien representada en las hojas vecinas de Peñalba (386) y Mequinenza (415).

Tanto la carretera Nacional II, como la carretera de Ballobar a Candásnos, proporcionan cortes representativos de la unidad en donde se han levantado las columnas estratigráficas de detalle de Fraga (02) y Ballobar (01), que incluyen los 100 m inferiores de la unidad.

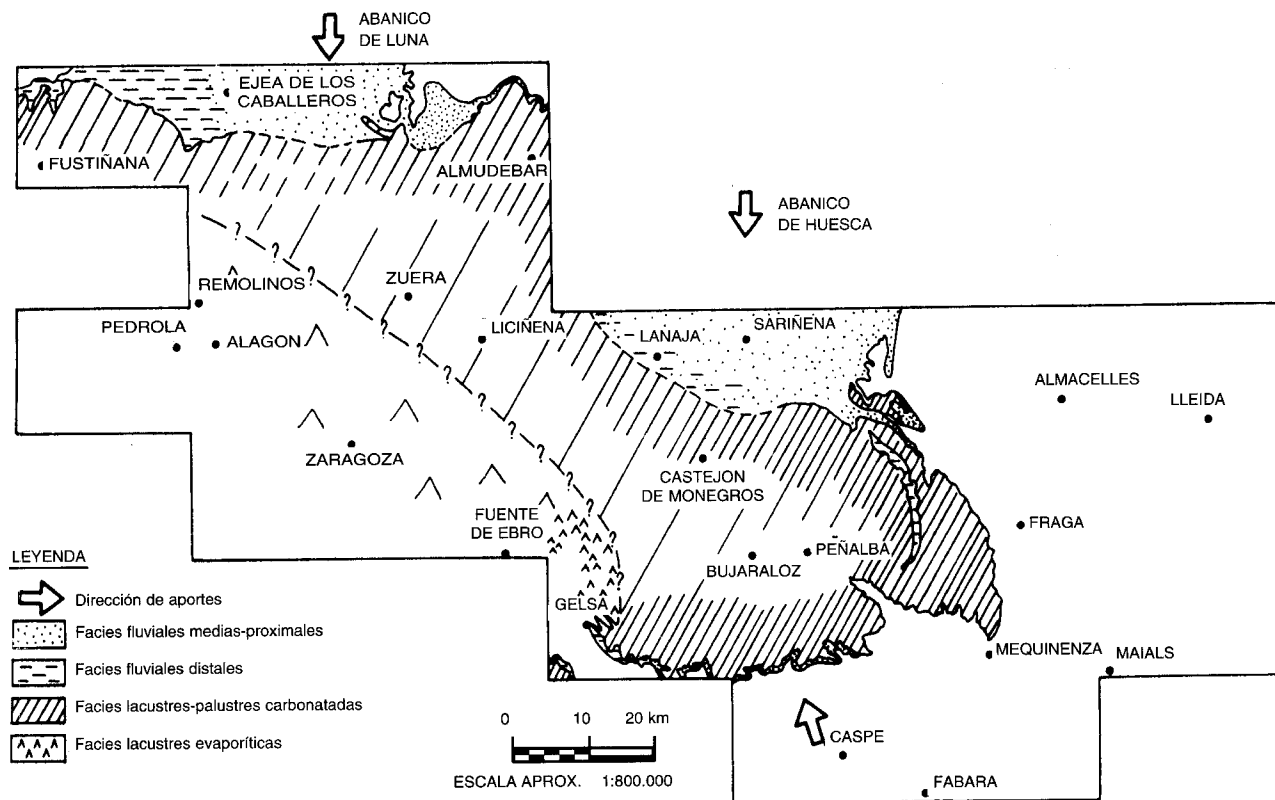
Esta unidad está constituida, dentro de la hoja, por dos tramos litológicos, el inferior detrítico y el superior carbonatado. Entre ambos se produce un cambio lateral de facies, observable a escala regional, con un enriquecimiento de los niveles carbonatados hacia el sur y hacia el techo de la serie. La figura 6 representa esquemáticamente la distribución de facies de esta unidad en el amplio sector de la Cuenca del Ebro estudiado.

Las facies detríticas de la U. Galocha-Ontiñena se apoyan siempre directamente sobre las facies carbonatadas de la U. de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca.

La edad de estos materiales es miocena (Ageniense). Esta datación se fundamenta en el yacimiento Ballobar-21, descrito por AGUSTI *et al.* (1988) que se sitúa en la zona 1 de MEIN, biozona de *Rhodanomys schlosseri*.

En la cartografía se han diferenciado las siguientes asociaciones de facies:





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

#### 1.1.4.1. *Areniscas con arcillas rojas (8). Ageniense*

Esta asociación de facies aflora en el sector centro septentrional de la hoja, en las proximidades de la localidad de Gimenez. La correlación con las litofacies (9) y (10) se ha realizado por criterios puramente estratigráficos, aunque faltan criterios paleontológicos y de continuidad cartográfica que confirmen esta aseveración.

Desde el punto de vista litológico está formada por areniscas con intercalaciones de arcillas rojas. Las areniscas son pardo verdosas, de tamaño de grano medio, muy deleznable y de aspecto masivo. Se disponen en capas de 1 a 2 m de potencia.

Los bancos de areniscas presentan bases canalizadas, no apreciándose estructuras internas dentro de los cuerpos, únicamente en afloramientos excepcionales se observan estratificaciones cruzadas en surco.

Dentro de esta asociación de facies se distinguen secuencias positivas de 3 a 5 m de potencia, formadas en la base por paleocanales de areniscas, en la parte superior por arcillas rojas con huellas de bioturbación por raíces y un nivel carbonatado a techo de la secuencia, que no suele sobrepasar 0,5 m de espesor, con restos de fósiles y bioturbación de moderada a abundante.

Las areniscas tienen la siguiente composición: cuarzo 18%, feldespatos 18%, fragmentos de rocas 6%, mica negra 13%, arcilla (clorita) 10%, yeso tanto detrítico como cemento 23% y cemento calcáreo 10%.

Las calizas que se encuentran en esta asociación de facies pueden clasificarse como biomicritas, con un contenido en fósiles (caráceas, ostrácodos, moluscos) del 15 al 30%, pelets 2-7%, arcillas 3-4%, micrita 60-90%. Parte de las calizas están recrystalizadas a esparita y microesparita.

De las características observadas puede deducirse que estos sedimentos se depositaron en áreas distales de abanico aluvial. Se trataría de una llanura aluvial con depósitos de canal y de desbordamiento.

Por criterios estratigráficos se supone una edad Ageniense para esta unidad.

#### 1.1.4.2. *Calizas con intercalaciones margosas (9). Alternancia de areniscas y arcillas rojas con algunos niveles carbonatados (10). Ageniense*

Estas asociaciones de facies afloran en la margen derecha de los ríos Alcanadre y Cinca, en donde dan lugar a extensas superficies estructurales que ocupan el tercio suroeste de la hoja, con buzamientos suaves hacia el OSO.

Este conjunto consta de unos tramos fundamentalmente arcillosos (10), con potencias de 5 a 10 m, separados por tramos eminentemente carbonatados (9), de espesor más reducido (0,5 a 5 m), que tienen una gran continuidad lateral.

La unidad detrítica (10) está formada principalmente por arcillas de color rojizo, con frecuentes niveles grisáceos, y trazas de bioturbación por raíces. Los tramos próximos a niveles carbonatados tienen un carácter margoso y coloraciones grises y verdosas. Al contrario que en otras unidades, no se ha observado yeso secundario en los niveles arcillosos. Los bancos de areniscas tienen de 0,5 a 2 m de potencia; son de color pardo verdoso, de tamaño de grano medio, muy deleznales y de aspecto masivo, con un contenido en yeso elevado, tanto como componente detrítico como cemento.

El estudio micropaleontológico ha proporcionado los siguientes fósiles: *Nitellopsis (Tectochara) meriani* (L. y N. GRAMB) y *Stephanochara berdotensis* FEIST y RINGEADÉ. Los micromamíferos encontrados son: *Pseudotheridomys schaubi*, *Ebromys* cf. *thaleri* y *Pleusiosminthus myarion*. Estos datos junto a su posición estratigráfica indican una edad Ageniense.

Las litofacies carbonatadas (9) están formadas por una alternancia de capas de calizas de hasta 2 m de potencia, con niveles de arcillas, margas y margocalizas. Las primeras suelen ser bioclásticas, en ocasiones con nódulos de sílex.

Las calizas suelen presentar estratificación ondulada y tableada con estructuras tractivas, laminación cruzada de pequeña escala y estratificación cruzada de surco. Los niveles están muy bioturbados y tienen abundantes restos orgánicos, fundamentalmente gasterópodos. A techo de algunas capas hay costras y grietas de desecación.

Los niveles carbonáticos muestran la siguiente organización: en la base están compuestos por un tramo de arcillas y margas que hacia el techo se enriquece en carbonato pasando a margocalizas de aspecto noduloso y a techo calizas, por lo general arenosas, con estructuras tractivas y muy bioturbadas.

Las calizas pueden clasificarse como biomicritas con un porcentaje de fósiles (caráceas, ostrácodos y moluscos) del 25 al 30%; otros aloquímicos presentes son los pelets (2-3%). La matriz micrítica constituye del 57 al 63% de la roca y como terrígenos se encuentran cuarzo (14%) y arcillas (3-4%). Parte de las muestras están recrystalizadas como esparita y microesparita debido posiblemente a procesos edáficos.

En los niveles calcáreos se han determinado las siguientes especies de micromamíferos: *Rhodanomys schlosseri* y *Ebromys autolensis*, así como caráceas: *Nitellopsis (Tectochara) meriani* (L. y N. GRAMB). Estos datos junto a su posición estratigráfica indican una edad Ageniense para esta asociación de facies.

## 1.2. CUATERNARIO

Dada la ausencia de dataciones suficientes en los depósitos cuaternarios de la Cuenca del Ebro, la división cronológica es aproximativa. A pesar de la suposición, por parte de algunos autores, de la existencia de depósitos de edad pliocena o pliocuaternaria en la Cuenca del Ebro y al no existir datos cronológicos fiables al respecto, se ha decidido dar a los depósitos

más antiguos una edad Pleistoceno inferior, siguiendo los criterios utilizados por PEÑA MONNE y SANCHO (1988).

#### **1.2.1. Gravas redondeadas polimícticas, limos y arcillas (11 y 12). Depósitos del Piedemonte pirenaico. Pleistoceno inferior**

Esta unidad aflora en el tercio oriental de la hoja, dando lugar a los extensos llanos del Plá de Gimènells y Vallmanya, así como a los relieves de las Sierras del Coscollar y Pedregosa. Se distinguen dos niveles con litologías bastante similares. El superior, bastante degradado por la erosión, constituye la alineación de la Sierra del Coscollar, siendo el inferior mucho más extenso.

El nivel superior (unidad 11) tiene 4 m de espesor y está compuesto por granos y cantos bien redondeados procedentes de la Zona Axial de la Cadena Pirenaica (granitos, cuarcitas, pizarras, conglomerados, calizas...) con matriz arcillo-arenosa, parcialmente cementados por carbonato cálcico. El centil de los cantos supera los 20 cm, siendo la moda de 7-8 cm.

El nivel inferior tiene una composición litológica muy similar, y espesores de 4 a 5 m. Localmente (Mas de Casamba) está compuesto por 3 m de cantos redondeados con matriz arenosa sobre los que se disponen 1,5 m de arcillas arenosas ocre con pequeños bancos de gravas con geometría canaliforme que constituyen depósitos residuales.

Estos materiales, en determinadas zonas (al norte de Gimènells), están cubiertos por un nivel de costras calcáreas de texturas brechoide y laminar-bandeada de hasta 0,5 m de espesor.

Estos sedimentos se interpretan como depósitos de un sistema fluvial de tipo trenzado de procedencia pirenaica en una etapa anterior al encajamiento de la red fluvial. Se les atribuye una edad Pleistoceno inferior.

#### **1.2.2. Gravas y cantos con matriz limo-arcillosa (13, 14, 16, 17 y 18). Glacis. Pleistoceno**

Estas unidades afloran en los dos tercios occidentales de la hoja, disponiéndose por lo general como relictos en las partes culminantes de numerosas lomas.

Se han diferenciado cuatro niveles distintos con criterios geomorfológicos, siendo la composición litológica de los mismos similar.

Generalmente estos depósitos están formados por cantos polimícticos redondeados, heredados de los depósitos del Piedemonte Pirenaico, así como por cantos subangulosos de calizas continentales de formaciones terciarias de áreas próximas, con tamaños máximos de hasta 20 cm. Frecuentemente en su techo presentan encostramientos carbonatados, de 1 a 4,5 m de espesor, que localmente (Mas de Carlech al norte de Fraga, por ejemplo) pueden constituir la mayor parte del depósito.

Se les atribuye una edad Pleistocena.

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

Se han distinguido en la cartografía unos niveles de encostramientos carbonatados asociados a las superficies estructurales de las calizas de la unidad de Galocha, en el cuadrante suroccidental de la hoja. Probablemente su extensión superficial era mucho mayor, pero el intenso laboreo agrícola, las ha removido y acumulado sus fragmentos, de forma que su representación cartográfica actual es una mínima expresión de la que debieron tener en el pasado. A veces sólo se observan simples fragmentos dispersos de costras laminar-bandeadas y multiacintadas.

En las proximidades de Venta del Rey (zona culminante del Llano de Las Ventas) se observa un corte formado, de muro a techo, por 0,5 m de facies de costra pulverulenta y nodulosa que engloba pequeños cantos calcáreos corroídos, seguida por 0,5 m de facies brechoide con cantos calcáreos redondeados y disueltos de moda 1 cm, bien cementados por carbonato cálcico que se encuentra recubierto por 0,7 m de costra laminar-bandeada bien cementada.

Se les atribuye una edad Pleistoceno.

### 1.2.4. Gravas y cantos con matriz limo-arenosa (19, 20, 21, 22, 23, 24 y 25). Terrazas. Pleistoceno

Estos depósitos corresponden a los siete niveles de terrazas del río Cinca, desarrolladas principalmente en su margen izquierda, así como al nivel existente en el Arroyo de la Clamor y a un pequeño afloramiento de una terraza del río Segre que aflora en el margen suroriental de la hoja.

Los espesores de las terrazas se sitúan en torno a los 3 m, siendo sus litologías similares: cantos bien redondeados, polimícticos -calizas, areniscas, granitos, conglomerados, etc.- con centiles de hasta 30 cm y modas de 3-5 cm habitualmente. Presentan hasta un 30-40% de matriz limo-arenosa y en los cinco niveles superiores del río Cinca son frecuentes las cementaciones por carbonato cálcico así como el desarrollo de niveles de encostramiento pulverulentos y laminar-bandeados a techo de los mismos, generalmente destruidos por acción antrópica.

Se les asigna una edad Pleistoceno.

### 1.2.5. Cantos en matriz limo-arcillosa (26 y 28). Conos de deyección y coluviones. Gravas y cantos con matriz limo-arcillosa (29). Glacis subactual. Limos y arcillas con cantos (30). Depósitos aluvial-coluvial. Holoceno

Este conjunto de formaciones superficiales presenta unas características litológicas muy similares, compuesta por una matriz arcilloso-limosa que engloba cantos y gravas dispersas con escasa organización interna. El espesor de los depósitos es variable, no superando los 2 m por lo general.

La principal diferencia litológica es la composición de los cantos, variable según la litología de las áreas fuente: calizas y areniscas terciarias en unos casos y cantos heredados de los depósitos de Piedemonte Pirenaico o de las terrazas antiguas, de litologías procedentes de la Zona Axial de la Cadena Pirenaica.

Todos estos depósitos están ligados a los procesos morfogenéticos de clima semiárido propios de la Cuenca del Ebro, arroyada y gravedad principalmente. Los criterios de diferenciación entre los mismos son, por tanto, fundamentalmente morfológicos.

Su edad es Holoceno.

#### **1.2.6. Arcillas y limos (27). Zonas endorreicas. Holoceno**

Estas áreas corresponden a pequeñas depresiones que quedan estacionalmente anegadas por el agua en los períodos lluviosos. Se localizan principalmente en las proximidades de las casas de Monreal. Sus depósitos son lutitas y limos de tonos pardos, eventualmente con materia orgánica que les da tonos más oscuros. Tienen un espesor muy pequeño.

Su génesis está ligada a procesos de disolución en calizas, donde las condiciones topográficas lo permiten.

Su edad es Holoceno.

#### **1.2.7. Arenas, arcillas y gravas (31). Llanura de inundación. Holoceno**

Se ha cartografiado como llanura de inundación las áreas potencialmente inundables en épocas de crecida en los cauces de los ríos Alcanadre, Cinca y Segre, situados unos 2 m por encima del cauce de estiaje. Frecuentemente quedan separadas por un pequeño escarpe del nivel inferior de terraza.

Litológicamente están compuestas por arenas, limos y arcillas que engloban gravas polimícticas tanto de procedencia local –Terciaria– como exógena –zona axial pirenaica–.

Su edad es Holoceno.

#### **1.2.8. Arenas, limos y arcillas con cantos (32). Aluviales y fondos de valle. Holoceno**

Esta unidad cartográfica engloba tanto los sedimentos actuales de los cauces activos de la zona –ríos Alcanadre y Cinca, Arroyo de la Clamor– como los rellenos de las “vales” o valles de fondo plano con una dinámica mixta de aportes tanto aluviales como de laderas.

Litológicamente los depósitos aluviales consisten en gravas polimícticas con matriz arcillo-arenosa, mientras que los de los fondos de “vale” son depósitos de limos y arcillas, de tonos pardos por lo general, que engloban cantos heredados de las zonas próximas topográficamente mas altas.

Su edad es Holocena.

## 2. TECTONICA

### 2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La hoja de Fraga se encuentra situada en el sector centro-oriental de la Cuenca del Ebro.

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

El sustrato de la Cuenca del Ebro está constituido por un zócalo paleozoico sobre el que se dispone una cobertera mesozoica incompleta, con predominio de los materiales triásicos y jurásicos, ocupando los materiales más modernos la posición más meridional. Los mapas de isobatas de la base del terciario (RIBA *et al.*, 1983) muestran una inclinación general de la superficie superior del sustrato pre-cenozoico hacia el norte (Pirineos), llegando a alcanzar profundidades superiores a 3500 m bajo el nivel del mar en su sector septentrional (más de 5000 m en La Rioja alavesa), mientras la parte meridional se mantiene siempre a menos de 1000 m.

La edad del relleno sedimentario muestra una pauta clara: los depósitos más antiguos se ubican en los sectores septentrional y oriental y los más modernos en las áreas meridionales y orientales. Esto es un reflejo de la evolución de la deformación en el orógeno, hacia el antepaís y progresivamente más moderna de este a oeste. Así, es en La Rioja donde se registra la actividad compresiva más moderna, Mioceno medio en las Sierras de Cameros y Demanda y Vindoboniense en la Sierra de Cantabria, mientras que en esa misma época los Catalánides se encuentran sometidos a un régimen distensivo dominante.

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

La hoja de Fraga se sitúa en una posición equidistante de las cadenas periféricas de la Cuenca, y presenta una estructura geológica muy sencilla, ya que las deformaciones ligadas a los bordes de las cadenas quedan muy amortiguadas en este sector.

## 2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

En la hoja de Fraga la estructura de plegamiento es prácticamente inexistente y las capas muestran una disposición subhorizontal, con inclinaciones muy débiles ( $2^\circ$ ). Sin embargo, esta inclinación de las capas es muy constante en toda la hoja sumergiéndose las mismas hacia el oeste y noroeste, excepto en el margen noroccidental de la hoja, en donde los bancos adoptan paulatinamente una inmersión hacia el suroeste.

La hoja no presenta estructuras tectónicas de escala cartografiable, a excepción de la curiosa orientación de los valles desarrollados sobre las extensas superficies estructurales de la parte occidental, que tienden a ser subparalelos al curso del río Cinca (NO-SE) a lo largo de varios kilómetros. No se ha representado en la cartografía como accidente tectónico ya que resulta difícil discriminar la posición de uno o más planos de fractura ni establecer su extensión, geometría y carácter del desplazamiento. Sin embargo, la evidencia es clara y también es destacable el paralelismo con la estructura principal que cruza la vecina hoja de Peñalba de NO a SE.

## 2.3. EVOLUCION TECTONICA

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

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

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

Aunque el orógeno pirenaico ha sido el que mayor incidencia ha tenido en la configuración y evolución de la Cuenca del Ebro, las demás cadenas periféricas han ejercido también cierta influencia sobre la misma, aunque quizás más restringida a los bordes. Las relaciones entre tectónica y sedimentación han permitido a ANADON *et al.* (1986) interpretar el margen catalánide de la Cuenca del Ebro como el resultado de una tectónica de desgarre convergente a lo largo de fallas sinistras escalonadas que afectan al basamento. Durante el Paleógeno el borde de la cuenca ha sufrido traslaciones, y la última posición del mismo está señalado por una importante sedimentación conglomerática con varias discordancias progresivas. Su edad varía, siendo más reciente en el suroeste y más antigua en el noreste (ANADON *et al.*, 1979). En lo que respecta al borde ibérico, también



registra actividad tectónica con repercusiones en la cuenca, sobre todo en los extremos noroeste (frente de los sierras de Cameros y Demanda) y sureste (enlace con los Catalánides).

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.

En etapas más recientes, un régimen distensivo generalizado da lugar a una fracturación y diaclasado que se manifiestan tanto en la Cuenca del Ebro como en la Cordillera Ibérica (SIMON, 1989).

## 2.4. NEOTECTONICA

Hacia el Mioceno superior-Plioceno se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque no se manifiesta por fallas cartográficas, sí produjo un sistema de diaclasado bastante homogéneo y débiles pero extensos basculamientos probablemente controlados por grandes fallas del subsuelo. El campo de esfuerzos sería una distensión tendiente a radial con la dirección de esfuerzo mínimo ( $\sigma_3$  próximo a E-O, lo que hace que se forme una familia principal de diaclasas en torno a N-S. El intercambio de  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar a una familia secundaria en dirección E-O. En ciertas zonas, la presencia de una fracturación previa NO-SE es probablemente la razón de que las trayectorias del campo de esfuerzos regional se desvíen para hacerse paralelas y perpendiculares a las mismas.

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

## 3. GEOMORFOLOGIA

### 3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La hoja de Fraga se sitúa en el sector centro-oriental de la unidad fisiográfica de la Depresión del Ebro. En su territorio tienen representación las subunidades morfológicas de las cuevas intermedias - cuadrante suroeste de la hoja - y de las terrazas y glaciares cuaternarios, desarrollados sobre litologías más lábiles, lo que da lugar a una marcada inversión del relieve (QUIRANTES, 1972).

La región está sometida a un régimen climático mediterráneo de carácter continental, con temperaturas medias anuales de unos 16°C y precipitaciones medias anuales entre 300 y 400 mm., lo cual origina la marcada semiaridez de la misma.

Orográficamente, las cotas más altas de la hoja se sitúan en los relieves que dominan la margen derecha del río Cinca, sobre todo en la denominada Cuesta de Fraga, donde se alcanzan los 376 m de altura en el vértice Riola. Otra alineación montañosa importante, situada en la mitad oriental de la hoja, es la Sierra del Coscollar (304 m). Aparte de dichos relieves y de los valles profundamente encajados de los ríos Cinca y Alcanadre, la característica topográfica principal de la hoja es su morfología extremadamente llana, ligada a los depósitos de glaciares, terrazas y piedemonte pirenaico así como a los relieves estructurales en los materiales calcáreos.

El principal curso fluvial de la hoja es el río Cinca, que la atraviesa por su mitad occidental siguiendo una dirección sensiblemente NO-SE. Alcanza la cota más baja de la hoja al sur de Fraga, con unos 85 m sobre el nivel del mar. Sus principales afluentes en la región son el río Alcanadre y el Arroyo de la Clamor. El resto de los cauces fluviales son de escasa entidad y circulación intermitente dado lo árido de la región, constituyendo una red de valles de fondo plano denominados localmente "vales".

La zona tiene una economía eminentemente agrícola con un gran desarrollo de los regadíos asociados al valle del Cinca así como a los canales de Zaidín y de Aragón y Cataluña. En el cuadrante suroeste la vegetación, sin embargo, es más escasa y de carácter estepario, siendo los cultivos de secano.

Las zonas forestales son escasas y de pequeña extensión, teniendo poca importancia desde los puntos de vista económico y paisajístico.

### 3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

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

#### 3.2.1. Estudio morfoestructural

La hoja de Fraga presenta una cierta variabilidad litológica, con términos arcillo-margosos de carácter lábil alternantes con paquetes de naturaleza carbonatada que condicionan el desarrollo de extensas superficies estructurales y líneas de capa dura, principalmente en la mitad meridional de la misma.

El cuadrante nororiental, sin embargo, está caracterizado por una marcada inversión del relieve de las formaciones superficiales (glacis, depósitos del piedemonte pirenaico), con mayor resistencia ante los procesos erosivos que el substrato detrítico terciario sobre el que se asienta.

Un rasgo morfológico extraordinariamente llamativo de la zona abarcada por la hoja de Fraga es el extenso desarrollo de los relieves tabulares asociados a las superficies estructurales, generalmente horizontales o subhorizontales-cuestas con buzamientos de hasta 3° y con escarpes, que en la Cuesta de Fraga y su prolongación hacia el noroeste superan los 150 m de altura. La degradación erosiva de estas superficies estructurales origina la abundante presencia de cerros cónicos.

### 3.2.2. Estudio del modelado

#### 3.2.2.1. Laderas

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

En la hoja de Fraga se dan diversos tipos de vertientes en función de las formas, depósitos y procesos existentes habiéndose cartografiado en el mapa geomorfológico las más significativas.

Las laderas regularizadas de perfiles cóncavos que enlazan suavemente con su nivel de base local tienen una amplia representación. Suelen estar tapizadas por una cobertera detrítica generalmente de escaso espesor. Cuando ésta alcanza cierta potencia, han sido cartografiadas como coluviones.

En ciertos casos, estas laderas regularizadas han sido sometidas a fenómenos de incisión lineal por procesos de arroyada, dando lugar a las laderas regularizadas posteriormente disecadas que figuran en el mapa.

También se ha señalado un antiguo deslizamiento en las proximidades de Ballobar. Este tipo de procesos de laderas pueden ser posibles a lo largo del escarpe de la margen derecha del río Cinca.

#### 3.2.2.2. Formas fluviales

Las principales acumulaciones de depósitos fluviales en la hoja de Fraga están ligadas al río Cinca, correspondiendo el resto de los mismos a los ríos Alcanadre y Segre y al Barranco de La Clamor. Los tres primeros tienen procedencia pirenaica, esto es, extrazonal, mientras que el cuarto corresponde al contexto morfoclimático local caracterizado por una cierta aridez.

El río Cinca tiene un sistema de terrazas colgadas y encajadas en un graderío marcadamente asimétrico, desarrollado principalmente en la margen izquierda. Dichas terrazas forman

rellanos de 0,5 a 1,5 km de anchura, salvo algunas de ellas, más erosionadas, que dan lugar a relieves tabulares y cerros cónicos de pequeña altura.

En la hoja de Fraga se preservan siete niveles, cuyas cotas relativas sobre el cauce actual son las siguientes:

NIVEL	COTA
h	+ 2-3 m
g	+10 m
f	+20 m
e	+ 30-35 m
d	+45
c	+60
b	+90

Un hecho a reseñar es la distribución espacial de los distintos niveles. De la misma se deduce un cambio en la tendencia del desplazamiento lateral del cauce en el tercio septentrional de la hoja. Este ha sido mas o menos continuo hacia el SO, mientras que al sur de Zaidín y a partir del nivel h de terraza el río ha variado su desplazamiento lateral –y por tanto el margen a erosionar– hacia el NE. Como causa de este cambio podría sospecharse un pequeño basculamiento diferencial, posiblemente provocado por el rejuego de una falla existente con dirección ONO-ESE a la altura del paralelo de Zaidín.

En el resto de la hoja son los procesos fluviales de erosión activa los que adquieren un predominio neto, principalmente en las escarpadas vertientes que enmarcan el valle del Cinca. Las arroyadas son el proceso dominante de la intensa denudación, lo que origina la abundancia de barrancos de incisión lineal que en ocasiones –principalmente al sur de Fraga– dan lugar a auténticas cárcavas.

La desembocadura de estos barrancos sobre distintos niveles de terrazas del río Cinca da lugar a pérdidas de drenaje –señalados en el mapa– debido a la permeabilidad de los materiales que conforman a las mismas. Frecuentemente, también se forman conos de deyección que en ocasiones pueden llegar a ser coalescentes.

Otras formas de génesis fluvial distinguidas en la cartografía son aristas o interfluvios, escarpes de terrazas colgadas, arroyada en regueros y algún meandro abandonado que en el caso de los ligados al río Cinca constituyen áreas potencialmente inundables en épocas de crecida.

### 3.2.2.3. *Formas lacustres*

Las únicas formas lacustres presentes en la hoja corresponden a pequeñas áreas endorreicas o semiendorreicas sometidas a encharcamientos estacionales.

Se encuentran ligadas a dolinas o pequeñas depresiones de origen kárstico asociadas a afloramientos calcáreos. La mayoría de las mismas se localizan al NE de Fraga, siendo la de mayor tamaño la denominada Balsa Blanch.

#### 3.2.2.4. *Formas kársticas*

Se han cartografiado como dolinas de fondo plano las pequeñas depresiones situadas al NE de Fraga donde se sitúan los fondos endorreicos o semiendorreicos descritos en el epígrafe anterior. Tienen unos escarpes suaves, alcanzando profundidades que no superan los 3 - 4 m.

#### 3.2.2.5. *Formas poligénicas*

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

Entre las formas poligénicas cabe destacar por su importancia en el modelado de la hoja los glacis de acumulación, de los que se han cartografiado cinco niveles asociados a los sistemas de terrazas de los ríos Cinca –la mayor parte de los existentes en la hoja– y Segre –los que se localizan en el E de las Sierras del Coscollar y Pedregosa–. Presentan características litológicas similares salvo el mayor desarrollo de encostramientos carbonatados en los niveles más antiguos. Su génesis está ligada al descenso paulatino de los niveles de base regionales como consecuencia de la progresiva incisión cuaternaria.

Mención aparte merece el último nivel de glacis, o glacis subactual, apenas incidido, que constituye la vertiente de enlace entre los relieves de la Sierra del Coscollar y los Llanos de Lérida y Valmanya.

Los depósitos asociados al piedemonte pirenaico también corresponden morfológicamente a glacis de cobertera, aunque al ser las acumulaciones más antiguas presentes en la hoja (Pleistoceno inferior) y estar desligados por tanto de la red fluvial desarrollada en épocas más recientes, se ha preferido individualizarlos cartográficamente. Estos depósitos presentan características fluviales de tipo anastomosado (PEÑA MONNE y SANCHO 1988) con desarrollo de costras carbonatadas a techo, aunque por su contexto regional y por no constituir terrazas morfológicas en sentido estricto, dada su gran extensión transversal, se ha considerado conveniente no incluir estos depósitos dentro de las formas fluviales, ya que su génesis implica un proceso complejo que comprende el labrado de una superficie más o menos plana a modo de piedemonte y su recubrimiento por un manto aluvial extenso en forma de “bajada”.

También se han representado cartográficamente las costras carbonatadas –caliches– desarrolladas tanto en distintos niveles de glacis, terrazas y depósitos de piedemonte como en algunas superficies estructurales de naturaleza calcárea. En su génesis han influido tanto procesos de tipo edáfico como los de encharcamiento-deseccación, así como posiblemente un cierto arrastre del material por arroyada (MELENDEZ y SANCHO, 1987).

Otras formas de gran importancia en el modelado regional son los "vales" o valles de fondo plano. Presentan forma de artesa y generalmente no tienen una concavidad de enlace evidente con las vertientes laterales. Estos "vales" se encuentran rellenos por depósitos limo-arcillosos que provienen de aportes laterales –de índole coluvial– y longitudinales –de naturaleza fluvial, siendo posiblemente importantes también los de origen eólico (ALBERTO *et al*, 1984). Por otra parte, al ser su litología muy favorable para los cultivos, se encuentran generalmente aterrazados, por lo que indudablemente el factor antrópico tiene una gran importancia para su preservación al controlar la dinámica de los procesos erosivos de incisión lineal.

Por último, se han cartografiado también unos depósitos de origen mixto aluvial-coluvial, correspondientes a derrames situados en zonas deprimidas con una topografía casi llana que enlazan vertientes a menudo coluvionadas con los fondos de los "vales".

### 3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

En apartados anteriores se ha realizado una descripción detallada de las características tanto litológicas como sedimentológicas de las formaciones superficiales, así como del contexto geomorfológico en que se sitúan. Por ello, en este epígrafe sólo se añadirá la existencia de depósitos de génesis principalmente edáfica asociados a las superficies estructurales de naturaleza carbonatada y de poco espesor (0,5 m como media). Están constituidos por limos y arcillas pardas que engloban cantos subangulares de caliza y se presentan fuertemente antropizados por el laboreo agrícola.

### 3.4. EVOLUCION DINAMICA

Como punto de partida de la evolución geomorfológica reciente de la región se puede considerar el final de las etapas de sedimentación miocenas que transcurrieron bajo un régimen de tipo endorreico, y el posterior establecimiento de la red fluvial del Ebro como sistema de erosión y transporte exorreico hacia el Mar Mediterráneo.

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

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

En el territorio correspondiente a la hoja de Fraga –y en toda la Cuenca del Ebro en general– no se han encontrado depósitos atribuibles al Plioceno. Los niveles más antiguos ligados a la etapa de denudación corresponden a los depósitos del piedemonte pirenaico, de edad Pleistoceno inferior, que son reflejo de una sedimentación generalizada en forma de extensos mantos aluviales.

Con posterioridad a este episodio, la evolución de la red fluvial regional modela el relieve en sucesivas etapas de encajamiento, con el depósito de los distintos niveles de terraza asociados a los ríos Cinca, Alcanadre y Segre. De forma correlativa a la sedimentación en las terrazas se van generando sucesivos sistemas de glaciares de acumulación cuyas zonas de raíces se establecen en los relieves existentes, coronados por el manto aluvial correspondiente al piedemonte pirenaico y del cual heredan en parte el material que los constituye. La alternancia de etapas de acumulación y encajamiento fluvial que forma dichas secuencias de glaciares y terrazas, demuestra la alternancia de momentos climáticos cálidos y fríos durante el Pleistoceno, correspondiendo las acumulaciones a climas fríos y húmedos y los encajamientos a climas cálidos y secos, similares al existente en la actualidad.

Durante el Holoceno se desarrollan las últimas acumulaciones, representadas por los depósitos de relleno de las "vales", depósitos aluviales y de llanura de inundación de los cursos fluviales y derrames y glaciares recientes y conos de deyección. También se produce una regularización generalizada de las vertientes con la formación de depósitos de ladera. Todos ellos son coetáneos, ya que se indentan unos con otros.

En la actualidad, todas estas acumulaciones recientes aparecen disectadas por procesos de arroyada, lo cual es consecuencia de la tendencia a la aridez del clima de la región.

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

La morfogénesis actual en el sector de la Cuenca del Ebro ocupado por la hoja de Fraga está dominada, como se ha comentado anteriormente, por la tendencia a la semiaridez del clima de la región.

Por tanto, los procesos generadores de morfología más funcionales en la actualidad son de carácter fluvial, tanto de tipo acumulativo –aluvionamientos de los ríos existentes en la zona y conos de deyección en las salidas de los barrancos– como erosivo –incisión lineal, arroyada en regueros, acaravamientos–. Estos últimos tienen particular importancia en ambas márgenes del valle del río Cinca, donde el gradiente de pendiente es mayor.

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

También en las áreas de fuertes pendientes –principalmente en la margen derecha del Cinca– pueden ser funcionales los fenómenos de ladera del tipo deslizamiento rotacional, de los cuales existe algún ejemplo reciente de pequeño tamaño.

Cara al futuro, debe considerarse la acción antrópica como el factor principal de cambios potenciales en las condiciones morfodinámicas actuales. Las actuaciones humanas, sobre todo respecto al uso de recursos naturales como agua, suelo y vegetación pueden modificar de forma rápida el delicado equilibrio entre los procesos de erosión y sedimentación.

#### 4. HISTORIA GEOLOGICA

La hoja de Fraga se sitúa en el sector central de la Cuenca del Ebro, en una posición intermedia entre el Pirineo y las Cadenas Costero-Catalanas. Esta cuenca corresponde a los últimos estadios de evolución de la cuenca de antepaís meridional del orógeno pirenaico, aunque sus márgenes meridional y oriental estuvieron afectados por la actividad tectónica de la Cordillera Ibérica, y de la Cordillera Costero Catalana.

Durante el Paleoceno, en el margen meridional de la cuenca de antepaís surpirenaica se depositaron materiales continentales (Formación Mediona; FERRER, 1971). En el Ilerdiense, tuvo lugar una transgresión marina generalizada de forma que durante gran parte del Eoceno, en el margen septentrional de la cuenca se desarrollaba una sedimentación marina.

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

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

Los sedimentos más antiguos aflorantes en la hoja de Fraga pertenecen al Oligoceno superior (Chattiense) mientras que los más modernos pertenecen al Mioceno inferior (Ageniense). Estos sedimentos se han dividido en cuatro unidades genético-sedimentarias descritas en el capítulo de Estratigrafía, de muro a techo: unidad de Fayón-Fraga, unidad de Mequinenza-Ballobar, unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca y unidad Galocha-Ontiñena.

Las dos primeras unidades registran una evolución sedimentaria similar. Cada una de ellas está formada por una parte basal de naturaleza detrítica, con cuerpos arenosos canalizados y lutitas de llanura de inundación, y una parte superior compuesta por niveles de calizas alternantes con margas y arcillas, e incluso delgados niveles yesíferos. La historia sedimentaria inferible para estos dos episodios es similar: una rápida progradación de los sistemas aluviales, procedentes fundamentalmente de los Catalánides en este sector, hacia el centro de la cuenca, seguida de una retrogradación más lenta, que da lugar a la expansión de los sistemas lacustres.

Las facies detríticas basales de la unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca representan otra marcada etapa de progradación de los sistemas aluviales un poco antes del límite Oligoceno-Mioceno, en este caso mayoritariamente procedente del Orógeno Pirenaico.



esta etapa fue seguida de un pequeño episodio de expansión de los sistemas deposicionales lacustres coincidente con el tránsito Oligoceno-Mioceno (Calizas de Torrente de Cinca). Después tiene lugar una nueva etapa de progradación aluvial, seguida de un período de amplia progradación lacustre, con el que culmina la serie miocena aflorante en la hoja.

A partir del Mioceno inferior y hasta el Cuaternario no existe registro sedimentario. Por consideraciones regionales, puede indicarse que la sedimentación, bajo un régimen deposicional de características similares, debió prolongarse hasta el Mioceno Medio por lo menos.

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

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

Desde este momento -y durante todo el Cuaternario- se produce una alternancia de etapas denudativas y acumulativas en la región, relacionadas con cambios climáticos, y con claro predominio global de las primeras.

El intenso proceso de vaciado erosivo configura la morfología actual del área mediante un modelado de erosión diferencial. Las etapas acumulativas permiten la formación de sucesivos niveles de glaciares y terrazas asociados a los cauces fluviales principales.

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

## **5. GEOLOGIA ECONOMICA**

### **5.1. RECURSOS MINERALES**

Es escasa la actividad explotadora de recursos minerales y rocas industriales en el área de esta hoja. Prácticamente se reduce a la de arcilla común para cerámica estructural y a la extracción de áridos.

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

En el sondeo petrolífero Ballobar-1 (1962), indicio nº 4, se cortó anhidrita desde los 350 a los 400 m de profundidad (Terciario); desde los 1.480 a los 1.710 m junto a dolomías y calizas (Jurásico); y subsidiariamente a la sal sódica dominante, desde los 1.870 hasta 2.480 m en varios tramos separados por formaciones dolomíticas (del techo y base del Muschelkalk) comprendiendo gran parte del Triás.

### 5.1.2. **Minerales energéticos**

Tan sólo existen referencias de un indicio situado al sureste de Velilla de Cinca sobre un pequeño socavón para exploración de una delgada capa de lignito de la Fm. Mequinenza, en el extremo de la cuenca lignitífera del mismo nombre. Actualmente son irreconocibles la capa y el socavón y el conocimiento que se tiene de la extensión de las capas lignitíferas de la cuenca muestra el escaso interés del indicio y de su continuidad próxima.

### 5.1.3. **Rocas industriales**

Las actividades de explotación de arcillas para la fabricación de ladrillos y tejas son antiguas y aún son reconocibles al menos 10 explotaciones, alguna de ellas en proceso de ocupación por la expansión del área urbana de Fraga. De estas tan sólo 3 registran actividad reciente con una cierta continuidad; son los indicios 8, 9 y 11 situados todos en el alfoz de Fraga.

Estas explotaciones activas o semiactivas son de dimensiones discretas como corresponde a un mercado comarcal, al que suministran. La unidad de Fayón-Fraga, en la que se emplazan, presenta recursos relativamente abundantes y de composición bastante homogénea.

De los 12 indicios de arcillas señalados, dos de ellos corresponden a yacimientos inventariados pero sin explotación. El nº 7, sobre el P.K. 419,00 de la N-II, se determina en el proyecto IGME nº 131/86 "Posibilidades de arcillas especiales en Aragón 1ª Fase". El nº 17 al sur de Fraga, en el informe nº 57 del IGME, "Estudio de los yacimientos de cuarzo, arena y arcilla de los alrededores de Monzón (Huesca)".

Los 7 indicios restantes de arcillas son explotaciones inactivas que adquirieron un cierto relieve, mayor del habitual en un tejera rural.

En conjunto la zona presenta un potencial elevado para la extracción de arcillas comunes, pero las condiciones mejores en cuanto a homogeneidad y potencia se dan en la Unidad Fayón-Fraga.

La extracción de áridos naturales tiene una cierta importancia debido al auge económico y constructivo de la comarca. Si bien estas explotaciones tienen el futuro condicionado por el alto valor de los terrenos de vega afectados, así como por las normas sobre impacto ambiental.

Se han reseñado tres explotaciones de áridos naturales que registran actividad más o menos continuada, nº 1, 3 y 15, con producciones discretas, todas se emplazan en los aluviones del río Cinca, de carácter poligénico y heterométrico.

## 5.2. **HIDROGEOLOGIA**

Cabe destacar por su importancia hidrogeológica el aluvial del río Cinca, que atraviesa la hoja en dirección NO-SE. Esta unidad pertenece al sistema acuífero número 62 - Aluvial del Ebro y Afluentes (ver esquema hidrogeológico regional).

MINERALES METALICOS Y NO METALICOS						
Nº	COORDENADA UTM	LITOLOGIA	MUNICIPIO Y PROVINCIA	SUSTANCIA	DEPOSITO	NOTAS
1	X: 264.975 Y: 4616.575 Z: 120 m	Gravas y arenas de aluvial reciente. Poligénicas	Ossó (H)	Aridos Naturales	Sedimentario	Gravera "Nogueró" sobre el río Cinca; con 21.600 t/1989 de producción.
2	X: 272.500 Y: 4605.320 Z: 160 m	Areniscas, li molitas y margas. Fm. Mequinenza	Velilla de Cinca (H)	Lignitos	Sedimentario	Afloramiento de pequeña capa de lignito (no explotado inventariado en el M.M. de España 1:200.000.
3	X: 274.425 Y: 4605.470 Z: 111 m	Gravas y arenas de aluvial reciente. Poligénicas	Fraga (H)	Aridos Naturales	Sedimentario	Explotación de grava de tamaño mediano-pequeño, semi-activa del mismo propietario que la nº 1.
4	X: 262.420 Y: 4604.270 Z: 282 m	Calizas, dolomías y arcillas Triás-Lías (también Terciario)	Ballobar (H)	Anhidritas Sal sódica	Sedimentario (Evaporítico)	Varios potentes niveles de -anhidrita y sal cortados por el sondeo petrolífero "Ballobar-1" (1962) que pueden constituir un yacimiento potencial de importancia futura.
5	X: 289.100 Y: 4603.800 Z: 150 m	Arcillas y li-molitas (Fm. Mol. Urgell)	Soses (L)	Arcilla común	Sedimentario (Continental)	Cantera media-pequeña de arcilla para ladrillos y tejas que está inactiva, habiendo suministrado material a fábricas cercanas. 8 m de potencia.
6	X: 288.850 Y: 4601.575 Z: 145 m	Arcillas y li-molitas (Fm. Mol. Urgell)	Soses (L)	Arcilla común	Sedimentario (Continental)	Cantera media-pequeña de arcilla para ladrillos y tejas que está inactiva, habiendo suministrado material a fábricas cercanas. 3 m de potencia.

**MINERALES METALICOS Y NO METALICOS (continuación)**

<b>Nº</b>	<b>COORDENADA UTM</b>	<b>LITOLOGIA</b>	<b>MUNICIPIO Y PROVINCIA</b>	<b>SUSTANCIA</b>	<b>DEPOSITO</b>	<b>NOTAS</b>
7	X: 263.330 Y: 4600.450 Z: 278 m	Margas y limolitas arcillosas integradas entre calizas y areniscas. Mb. Cardiel	Fraga (H)	Arcilla común	Sedimentario (Continental)	Yacimiento determinado en el proyecto 131/86 (IGME) sobre una potencia aprovechable de 4 m para cerámica estructural bajo una delgada capa de calizas.
8	X: 279.400 Y: 4601.180 Z: 130 m	Arcillas y limolitas. Fm. Fraga.	Fraga (H)	Arcilla común	Sedimentario (Continental)	Cantera Atarazana para la fabricación de ladrillos sobre dos bancos 5 m de potencia y 50 de longitud con una producción de 17.600 t (1989).
9	X: 280.270 Y: 4600.920 Z: 180 m	Arcillas y limolitas. Fm. Fraga.	Fraga (H)	Arcilla común	Sedimentario (Continental)	Cantera semiactiva sobre 6 m de potencia y 40 m de longitud explotada para la fabricación de ladrillería. Tamaño pequeño.
10	X: 280.050 Y: 4600.260 Z: 200 m	Arcillas alternando con margas; alguna arenisca.	Fraga (H)	Arcilla común	Sedimentario (Continental)	Explotación caducada, con el nombre "Concepción" que explotó (con destino a cerámica estructural) 2 bancos de hasta 15 m de potencia total en una corrida de 150 m.
11	X: 280.850 Y: 4599.650 Z: 150 m	Arcillas alternando con margas; alguna arenisca.	Fraga (H)	Arcilla común	Sedimentario (Continental)	Explotación activa "Vincamet" de arcilla para ladrillería que en 1989 produjo 17.000 t.
12	X: 279.620 Y: 4599.550 Z: 165 m	Arcillas alternando con margas; alguna arenisca.	Fraga (H)	Arcilla común	Sedimentario (Continental)	Explotación inactiva de nombre "Ana" para cerámica estructural (Cerámica Cahnmetó S.L.) sobre más de 15 m de potencia y 50 m de corrida.

MINERALES METALICOS Y NO METALICOS (continuación)						
Nº	COORDENADA UTM	LITOLOGIA	MUNICIPIO Y PROVINCIA	SUSTANCIA	DEPOSITO	NOTAS
13	X - 280.080 Y - 4599.520 Z - 145 m	Arcillas alternando con margas; alguna arenisca.	Fraga (H)	Arcilla común	Sedimentario (Continental)	Explotación inactiva ("Nieves") que se utilizó para ladrillería, sobre 10 m de potencia máxima y 70 m de longitud de frente.
14	X - 279.930 Y - 4598.630 Z - 125 m	Arcillas alternando con margas; alguna arenisca.	Fraga (H)	Arcilla común	Sedimentario (Continental)	Explotación inactiva ("Dolores") que se utilizó para ladrillería sobre 5 m de potencia y 40 m de corrida.
15	X - 279.150 Y - 4598.340 Z - 100 m	Gravas y arenas poligénicas de aluvial reciente.	Fraga (H)	Aridos Naturales	Sedimentario (Continental)	Explotación activa (16.000 m³ /89) de nombre "Los arenales".
17	X - 280.450 Y - 4598.075 Z - 105 m	Arcillas alternando con margas; alguna arenisca.	Fraga (H)	Arcilla común	Sedimentario (Continental)	Explotación inactiva, para ladrillería sobre 4 m y 20 de longitud de frente.
18	X - 279.550 Y - 4597.950 Z - 95 m	Arcillas alternando con margas; alguna arenisca.	Fraga (H)	Arcilla común	Sedimentario Continental)	Indicio (yacimiento) señalado en el proyecto nº 57 (Estudio de los yacimientos de cuarzo, arena y arcilla de los alrededores de Monzón, Huesca).

Entre el resto de materiales presentes, pueden tener cierto interés los depósitos asociados al río Alcanadre así como el resto de materiales cuaternarios (glacis, coluviones, rellenos de "vale"). Las formaciones terciarias son prácticamente impermeables, aunque los niveles carbonatados o detríticos gruesos pueden presentar cierta permeabilidad.

Debido a las características señaladas, los estudios hidrogeológicos en el área se han restringido al acuífero del río Cinca. En 1978, el ITGE, dentro del Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas, ha descrito los principales parámetros y funcionamiento del acuífero.

Con respecto al comportamiento de los materiales terciarios, se han realizado últimamente algunos estudios para evaluar el impacto de la puesta en regadío de la zona (CSIC-MOPU, 1988) y IEA-DPH (1989).

El inventario total de puntos de agua en la hoja es de 34 puntos que se distribuyen de la siguiente manera:

OCTANTE	NATURALEZA Nº de puntos					TOTAL
	M	P	S	B	O	
1	1	4		2		7
2		5				5
3						
4	2	2	1	4	1(SP) 2(PG)	10
5		3				5
6		5				7
7	2					
8						
TOTAL	5	19	1	6	3	34

\* Naturaleza

M - Manantial

P - Pozo

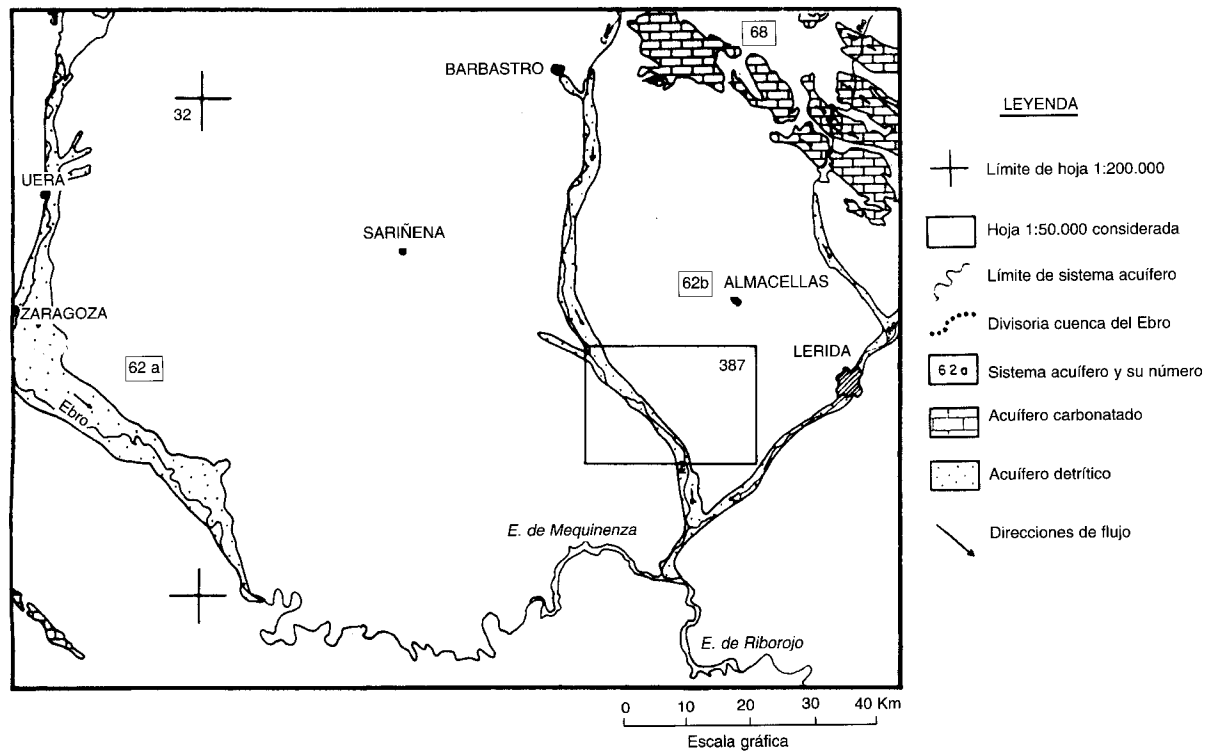
S - Sondeo

B - Balsa

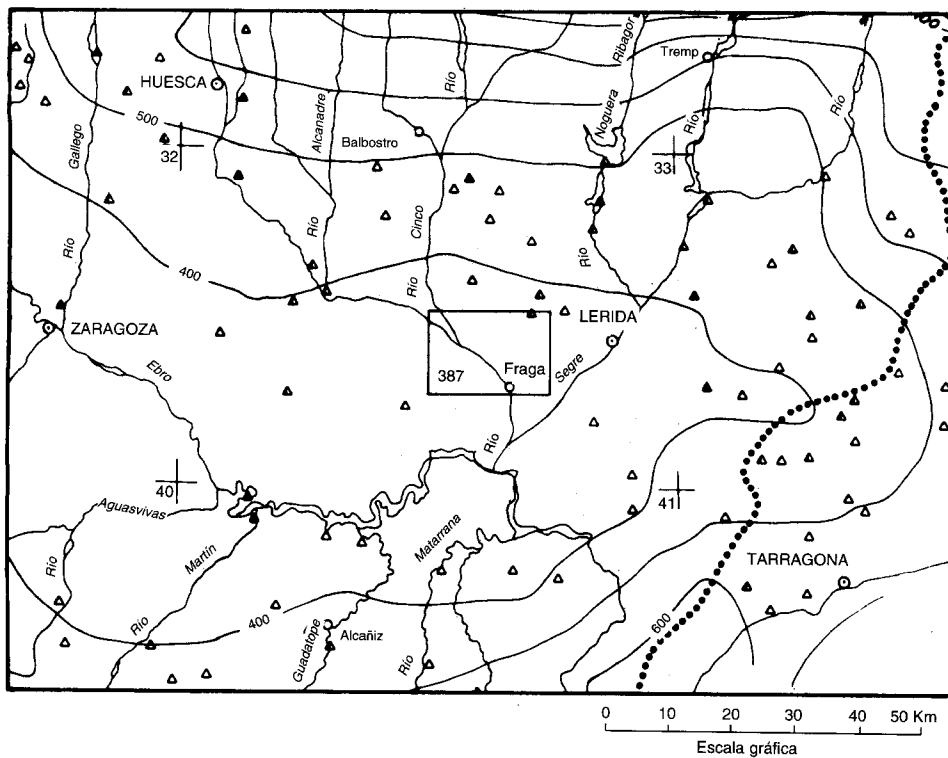
O - Otros

5.2.1. Climatología

La red de control del I.N. de Meteorología dispone de 10 estaciones dentro del área. La que tiene un registro más prolongado es la número 9923 - Gimenells (Sta. María), que lleva funcionando desde hace 13 años.



**Esquema hidrogeológico regional**



# LEYENDA

- ▲ ▲ ▲ Estaciones climatológicas pluviométricas, termopluviométricas y completas
- ..... Divisoria de la cuenca del Ebro
- ~ Isoyeta media (datos en mm)
- + Limite hoja 1/200.000
- Hoja 1/50.000 (considerada)

Mapa regional de isoyetas medias



La precipitación media anual se sitúa en torno a 400 mm (ver mapa de isoyetas medias), correspondiendo las épocas más lluviosas a la primavera y el otoño.

La temperatura media anual es de 16° C, con una importante variación térmica entre el mes más frío que es enero (5,4° C) y julio que es el más caluroso con 26,5° C de media.

El clima de la hoja de Fraga según la clasificación climática de Papadakis es de tipo Mediterráneo Continental Templado, con invierno Avena Fresco, que puede ser Avena Cálido en los valles, verano Arroz que gradualmente pasa a Algodón menos cálido en el sector noreste. El régimen de humedad se califica como Mediterráneo Seco.

### 5.2.2. Hidrología

El río Cinca constituye la principal vía de drenaje del área, discurriendo en dirección NO-SE. Otros cauces importantes son sus afluentes el Alcanadre y el Arroyo de la Clamor.

Toda la hoja está incluida en la cuenca del Ebro, pudiéndose distinguir varias subcuencas. En función de la clasificación decimal de ríos del MOPU se diferencian 3 zonas: la mayor parte del territorio vierte aguas hacia el río Cinca, salvo dos zonas que drenan hacia el río Ebro directamente.

La Confederación Hidrográfica del Ebro controla la estación número 17, que registra los caudales del río Cinca a su paso por Fraga. Dispone de escala, limnógrafo, limnifono y teleférico con vagoneta. También pertenece a la red de calidad y de previsión de avenidas. La superficie de la cuenca que se recoge en este punto es de 9612 km<sup>2</sup>. El caudal medio mensual registrado es de 94 m<sup>3</sup>/s.

Los ríos Cinca y Alcanadre tienen un marcado carácter alóctono, manteniendo caudal a lo largo del año, lo que contrasta con la marcada aridez de la zona, donde el agua circula por los barrancos sólo durante las lluvias.

Con respecto a la infraestructura hidráulica hay que señalar la existencia de numerosos canales y acequias, siendo el principal el Canal de Aragón y Cataluña. Todo este entramado se concentra en la margen izquierda del río Cinca.

Las zonas húmedas se enclavan normalmente en zonas endorreicas, habiendo sido acondicionadas antrópicamente para concentrar aguas de escorrentía, destinadas a regadío y abrevamiento de ganado. No hay que descartar posibles aportes de aguas subterráneas.

Las aguas de estas balsas son de tipo bicarbonatado cálcico, con mineralización media.

### 5.2.3. Características hidrogeológicas

Como sistemas acuíferos dentro de la hoja se consideran por un lado los depósitos fluviales de los ríos Cinca y Alcanadre, que son con mucho los de mejores características, y por otro,

el resto de materiales cuaternarios y formaciones terciarias con cierto grado de permeabilidad (niveles carbonatados y areniscosos).

#### 5.2.3.1. *Aluviales de los ríos Cinca y Alcanadre*

Estos acuíferos están incluidos en el sistema acuífero número 62 - Aluvial del Ebro y Afluentes, más concretamente en la unidad denominada "Bajo Cinca".

Forman el acuífero los niveles de terraza, la llanura de inundación y el propio aluvial. De las terrazas sólo aparece conectado en continuidad el nivel inferior. El espesor de cada una de las terrazas es de 3 m aproximadamente. Su litología característica es de gravas y cantos en una matriz limo-arcillosa.

La transmisividad tiene valores comprendidos entre 100 y 500 m<sup>2</sup>/día.

El sentido del flujo subterráneo tiene dos componentes principales, una hacia el río y otra paralela al mismo. El gradiente estimado es de 0.1-0.2%.

Existen 2 puntos de agua que pertenecen a la red piezométrica: 311570001 y 311570002. La evolución de los niveles demuestra la influencia que tienen los retornos de regadío sobre la superficie piezométrica, ya que ésta presenta sus valores más altos en la época estival.

Considerando toda la extensión del acuífero del Bajo Cinca (desde su confluencia con el Esera hasta su desembocadura en el Ebro) con un total de 70 km<sup>2</sup>, los recursos son 30 hm<sup>3</sup> anuales, con unas reservas interanuales de 42 hm<sup>3</sup>.

Los puntos de agua relacionados con este acuífero son en total 17, de los cuales 15 son pozos excavados y 2 manantiales. Todos ellos se sitúan en la terraza más baja del río, apareciendo los manantiales en el contacto de ésta con la llanura aluvial.

La extracción de agua sirve mayoritariamente para el abastecimiento de granjas. Es notable el progresivo abandono del uso de las aguas subterráneas, debido al incremento de la utilización de aguas superficiales.

#### 5.2.3.2. *Otros depósitos cuaternarios*

Entre estos se encuentran aquellos relacionados con piedemontes, conos de deyección, coluviones, glaciares y fondos de "valsequillo". También aflora en la esquina SE una pequeña parte de las terrazas relacionadas con el río Segre. La mayor extensión corresponde a los depósitos de piedemonte, que ocupan gran parte del sector oriental de la hoja.

La litología característica es de todas estas formaciones es de gravas y cantos, englobados en proporciones variables de arenas, limos y arcillas. Sus espesores oscilan entre 1 y 4 m.

La mayoría de los puntos de agua se sitúan en los barrancos de la mitad suroccidental. Los caudales extraídos son muy reducidos ya que el uso al que se destinan la mayoría de ellos es el abrevamiento esporádico de ganado.

#### 5.2.3.3. *Materiales terciarios*

Aunque bajo la denominación de acuífero, los materiales que se tratan aquí tienen una permeabilidad baja o muy baja.

Se incluyen en este grupo las facies areniscosas del Oligoceno superior, que afloran en la mitad oriental de la hoja, así como las calizas de la parte superior de la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca.

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

En cualquier caso son evidentes sus pobres características hidrogeológicas. La alternancia de horizontes más o menos permeables con capas prácticamente impermeables, hace que este parámetro quede muy disminuido en dirección vertical. El nivel piezométrico se sitúa próximo a la superficie topográfica y adaptado a la misma.

#### 5.2.4. **Hidrogeoquímica**

Se pueden distinguir dos facies hidroquímicas principales, que se corresponden con dos entornos geológicos bien diferenciados.

El primero está formado por aquellos puntos pertenecientes al aluvial del río Cinca. Las conductividades registradas son inferiores a 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Son aguas bicarbonatadas cálcicas.

En el otro grupo se engloban las muestras pertenecientes a puntos situados en los materiales terciarios. Se trata fundamentalmente de aguas cloruradas-sulfatadas sódicas. Destacan sobre todo las aguas de los puntos 311510006 y 311550001 con conductividades de 12803 y 8722  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente. Su composición está fuertemente condicionada por la litología con arcillas predominantes y presencia de yesos que motivan el incremento de la salinidad.

### 5.3. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS GENERALES

En la hoja de Fraga pueden diferenciarse, atendiendo a los aspectos litológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos de los materiales que la constituyen, tres áreas de comportamien-

to 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*

Este área comprende los depósitos terciarios con predominio de facies detríticas y margo-carbonatadas, que se extienden por todo el ámbito de la hoja:

Dentro de este área se pueden distinguir las siguientes zonas:

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

A ella pertenecen las unidades cartográficas: (1), (3), (6), (8) y (10). Se extiende por la mitad nororiental de la hoja. Está constituida por una alternancia de capas de areniscas y arcillas, de potencias variables (las de areniscas pueden alcanzar los 5 m de espesor). La disposición es subhorizontal, con suaves pendientes hacia el SO.

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

El drenaje tanto superficial como profundo es deficiente.

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

A ella pertenecen las unidades cartográficas (2), (4), (7) y (9). Se extiende por gran parte de la mitad suroccidental de la hoja.

Está compuesta por alternancias de calizas, arcillas y margas. Su disposición es subhorizontal, con suaves pendientes hacia el norte, en los afloramientos de la zona sur, y hacia el sur en los afloramientos de la zona norte.

Puede presentar problemas de ripabilidad en los niveles de caliza potentes.

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

La permeabilidad diferencial entre calizas y margas puede dar lugar a pequeños manantiales en los niveles superiores. Buen drenaje superficial.

## AREA II

Este área comprende los depósitos terciarios en cuya composición figuran niveles yesíferos. Se extiende a lo largo de una franja que ocupa gran parte de las laderas de la margen derecha del río Cinca.

Dentro de este área se distingue la zona:

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

A ella pertenece la unidad cartográfica (5).

Está formada por arcillas rojas con yesos nodulares y niveles poco potentes de areniscas y calizas. Las arcillas y margas se presentan en forma masiva.

Este grupo puede presentar problemas importantes, derivados de la escasa permeabilidad de las arcillas y margas, unido al mal drenaje superficial por la horizontalidad del terreno. También se prevén problemas de agresividad a los hormigones derivados de la presencia de yesos.

Posibilidad de aterramientos. Formación ripable.

## AREA III

Este área comprende los depósitos cuaternarios formados por limos, arenas y gravas.

Se han distinguido las siguientes zonas:

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

Esta zona está formada por las unidades cartográficas (11), (12), (13), (14), (15), (16), (17), (18), (19), (20), (21), (22), (23), (24) y (25) que constituyen los depósitos de terrazas, glaciés y piedemonte pirenaico. Los materiales que la componen son gravas, bien rodadas por lo general, de diversos tamaños y de naturaleza poligénica, si bien destacan las calcáreas. Eventualmente presentan cementación. También están presentes arenas, limos y arcillas en mayor o menor proporción.

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

Los taludes se mantienen prácticamente verticales.

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

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

AREAS	ZONAS	UNIDADES CARTOGRAFICAS	LITOLOGIA	ESTRUCTURA	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
I	I <sub>1</sub>	(1), (3), (6), (8) y (10)	Alternancia de capas de areniscas y arcillas	Disposición subhorizontal, con ligeras pendientes hacia el SO y O	Materiales ripables, excepto en las zonas en que los bancos de areniscas son potentes y la cementación elevada. Drenaje superficial y profundo deficiente
	I <sub>2</sub>	(2), (4), (7) y (9)	Calizas, arcillas y margas	Disposición subhorizontal	Materiales ripables, excepto en las zonas en las que las calizas tienen un espesor notable. Posibles desprendimientos de caliza por descalce de los niveles margosos subyacentes. Buen drenaje superficial.
II		(5)	Arcillas rojas con yeso nodular	Masiva. Disposición subhorizontal	Problemas derivados de la escasa permeabilidad y el mal drenaje superficial. Agresividad a los hormigones por la presencia de yeso. Ripable. Posibles aterramientos.
III	III <sub>1</sub>	Desde (11) a (24)	Gravas con arenas, limos y arcillas	Terrazas, Glacis y Piedemonte Pirenaico	Ripable. Materiales aptos para la obtención de gravas y préstamos. Taludes verticales. Materiales permeables con drenaje por infiltración
	III <sub>2</sub>	(25), (27), (28) y (29)	Limos arcillosos y margosos con cantos	Conos de deyección, coluviales, glacis subactuales y aluvial-coluvial	Laderas tendidas. Ripable. Capacidad portante media a baja, drenaje deficiente en profundidad y fácilmente encharcable en superficie.
	III <sub>3</sub>	(26)	Arcillas y limos	Zonas endorreicas	Zonas inundables por baja permeabilidad y mal drenaje superficial. Ocasionalmente puede presentar problemas de agresividad los hormigones por la presencia de yeso.
	III <sub>4</sub>	(30) y (31)	Arenas y arcillas con gravas	Depósitos de llanura de inundación y fondos de "vale"	Características geotécnicas aceptables. Riesgos de encharcamiento y de asentamientos importantes.

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

Está formada por las unidades cartográficas (26), (28), (29) y (30) que constituyen los depósitos de conos de deyección, coluviones, glacis subactuales y aluvial-coluvial. Los materiales que la componen son fundamentalmente limo-arcillosos y margosos con cantos.

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

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

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

Está formada por la unidad cartográfica (27), compuesta por arcillas y limos depositados en zonas endorreicas. Se trata de un depósito poco potente de materiales de sedimentación endorreica, en disposición horizontal.

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

Puede presentar problemas de agresividad a los hormigones derivados de la presencia de yeso.

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

Comprende las unidades cartográficas (31) y (32) que constituyen los depósitos de llanura de inundación y fondos de valle. Los materiales que la componen son arenas y arcillas con gravas.

Presentan características geotécnicas aceptables, aunque localmente dan lugar a superficies de encharcamiento. Asimismo, pueden presentar peligro de asentamientos importantes.

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

La hoja de Fraga se sitúa dentro del sector central de la Cuenca del Ebro.

Los materiales aflorantes configuran, en general, el límite Paleogeno-Neogeno (Oligoceno-Mioceno). La mitad nororiental de la hoja está dominada por facies detríticas (areniscas y arcillas) mientras que en la suroccidental predominan los carbonatos.

A partir del conocimiento de la geología de la hoja de Fraga y de su importancia dentro del sector central de la Cuenca del Ebro se ha establecido una selección de posibles PIG, usan-

do un método directo de subjetividad aceptable (CLAVER *et al.*, 1984) entre los distintos técnicos que han contribuido a la realización de esta hoja.

En este proceso se han seleccionado un total de 7 PIG, 3 de los cuales son de interés neotectónico. Se propone una utilización científica y didáctica y se les atribuye una importancia local y en algunos casos regional.

Posteriormente, y usando el mismo método de subjetividad aceptada se han escogido tres de los 7 iniciales por considerar que eran los que mejor representaban los procesos geológicos.

#### *PIG. n° 1*

Yacimiento de microvertebrados situado en las Unidades de Mequinenza-Ballobar y Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca. Datan el límite Oligoceno superior-Mioceno inferior. Su importancia radica en la riqueza del yacimiento y en su posición cronoestratigráfica.

#### *PIG. n° 2*

Sistema de fallas conjugadas afectando a un paquete calizo de unos 5 metros de potencia en las proximidades de la localidad de Ballobar. Tienen una escala métrica a decamétrica, y se encuentran asociadas a otras microfallas sintéticas. Los planos de falla se presentan rellenos de yeso fibroso, que registra la dirección del desplazamiento.

#### *PIG. n° 3*

Fractura abierta en una terraza del río Cinca. En la terraza de cota 165 m situada al norte de Zaidín se encuentran diaclasas verticales a subverticales, que a veces se encuentran ligeramente abiertas con relleno de carbonatos pulevurentos.



## 7. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTÍ, J., CABRERA, LL., ANADÓN, P. y ARBIO, S. (1988). A Late Oligocene-Early Miocene rodent biozonation from the SE Ebro Basin (NE Spain). A potential mammal stage stratotype. *Newsl. Stratigr.* 18 (2) pp. 81-97.
- ALBERTO, F., GUTIÉRREZ, M., IBÁÑEZ, M. J., MACHIN, J., PEÑA, J. L., POCOVÍ, A. y RODRÍGUEZ VIDALL, J. (1984). El Cuaternario de la Depresión del Ebro en la región aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes. *Univ. de Zaragoza. Estación Experimental de Aula Dei.*, 217, pp. 2 mapas.
- ALVAREZ-SIERRA, M. A., DAAMS, R., LACOMBA, J. I., LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., VAN DER MEULEN, A. J., SESE, C. y DE VISSER, J. (1990). Paleontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta. Geologica.* 94: 75 pp.
- ANADÓN, P.; COLOMBO, F.; ESTÉBAN, M.; MARZO, M.; ROBLES, S.; SANTANACH, P. y SOLÉ SUGRAÑES, L. (1979). Evolución tectonoestratigráfica de Los Catalánides. *Acta Geol. Hisp.*, v. 14, Homenaje a Lluís Solé Sabarís, p. 242-270. 2 mapas.
- ANADÓN, P., CABRERA, LL., COLOMBO, F., MARZO, M. y RIBA, O. (1986). Sintectonic intraformational unconformities in alluvial fan deposits, eastern Ebro basin margins (NE Spain). En: P. H. Allen y P. Homewood (eds.), *Foreland basins. Spec. Pub., Int. Ass. Sedim.* 8, pp. 259-271.
- ANADÓN, P., VIANEY-LIAUD, M., CABRERA, LL. y HARTENBERGER, J. L. (1987). Gisements à vertébrés du paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie. *Paleontología i evolució*, 21, pp. 117-131.
- ARENAS, C. y PARDO, G. (1991). Significado de la ruptura entre las Unidades Tectosedimentarias N<sub>2</sub> y N<sub>3</sub> en el centro de la Cuenca del Ebro. *Geogaceta*, 9, pp. 67-70.
- AZANZA, B., CANUDO, J. I. y CUENCA, G. (1988). Nuevos datos bioestratigráficos del Terciario continental de la Cuenca del Ebro (sector centro-occidental). *II Congreso Geológico de España*. Granada. Vol. 1, pp. 261-264.
- CABRERA, LL. (1983). *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Oligoceno-Mioceno del SE de la Cuenca del Ebro*. Tesis doctoral. Univ. Barcelona. 443 pp.
- CLAVER, I., AGUILÓ, M., ARAMBURU, M. P., AYUSO, E., BLANCO, A., CALATAYUD, T., CEÑAL, M. A., CIFUENTES, P., ESCRIBANO, R., FRANCÉS, E., GLARIS, G., GONZÁLEZ, G., GONZÁLEZ, S., LACOMBA, E., MUÑOZ, C., ORTEGA, C., OTEROS, J., RAMOS, A. y SAIZ DE OMEÑACA, M. G. (1984). Guías para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. *Manuales CEOT-MA*. nº 3, MOPU, 572 pp.
- CUENCA, G. (1991 a). Nuevos datos bioestratigráficos del sector oriental de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del grupo Español del Terciario, CONGET'91*. Vic, pp. 97-100.

- CUENCA, G. (1991 b). Nuevos datos bioestratigráficos del Mioceno del sector central de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del grupo Español del Terciario CONGET'91*. Vic, pp. 101-104.
- CUENCA, G., AZANZA, B., CANUDO, J. I. y FUERTES, V. (1989). Los micromamíferos del Mioceno inferior de Peñalba (Huesca). Implicaciones bioestratigráficas. *Geogaceta*, 6, pp. 75-77.
- CUENCA, G., CANUDO, J. I., LAPLANA, C. y ANDRÉS, J. A. (1992). Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geol. Hisp.*, v 27 (1-2), pp. 127-143.
- ENADIMSA (1984). Investigación de lignitos en el área de Mequinenza (Zaragoza, Huesca, Lérida) (inédito).
- ENRESA (1989). Estudio de las formaciones favorables de la región del Ebro y Pirineo alóctono (E.R.A.) (inédito).
- FERRER, J. (1971). El Paleoceno y el Eoceno del borde Sur-oriental de la Depresión del Ebro (Cataluña). *Mem. Suiss. Paleont.*, V. 90, 70 p.
- HARLAND, W. B., COX, A. V., LLEWELLYN, P. G., PICKTON, C.A.G., SMITH, A. G. y WALTERS, R. (1982). *A Geologic Time Scale*. Cambridge Univ. Press, 131 p.
- IGME (1975). Estudio geológico y minero del área lignitífera de Calaf (inédito).
- IGME (1975). Proyecto de investigación de radioactivos del área lignitífera y uranínífera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1976). Área lignitífera y uranínífera de Mequinenza (Lérida-Tarragona, Huesca y Zaragoza) (inédito).
- IGME (1981a). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario de Pamplona-Zaragoza (inédito).
- IGME (1981b). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario del sector de Benabarre-Igualada (inédito).
- IGME (1985). Prospección previa de lignitos en el área de Pinós-Molsosa (Lérida-Barcelona) (inédito).
- IGME (1986). Prospección previa de lignitos en el área de Bages-Moianes (Barcelona) (inédito).
- IGME (1987). Síntesis Geológico-Minera de los carbones del noreste peninsular (inédito).
- J.E.N. (1977a). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníníferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- J.E.N. (1977b). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníníferas de la zona de Solsona-Olot (inédito).

J.E.N. (1979-81). Estudio estratigráfico y sedimentológico del borde meridional de la Depresión del Ebro entre Alcañiz y Borges Blanques (Provincias de Teruel, Zaragoza, Lérida y Tarragona) (inédito).

MEIN, P. (1975). Report on Activity. *RCMNS Working group*. Bratislava, pp. 78-81.

MELÉNDEZ, A. y SANCHO, C. (1987). Terrazas y glaciares del centro de la Depresión del Ebro. *III Reunión Nacional Grupo Trabajo Cuaternario*. Zaragoza, pp. 3-18, 5 mapas.

PENA MONNE, J. L. y SANCHO, C. (1988). Correlación y evolución cuaternaria del sistema fluvial Segre-Cinca en su curso bajo (provs. de Lérida y Huesca). *Cuaternario y Geomorfología*, Vol. 2 (1-4), pp. 77-83.

PÉREZ, A., MUÑOZ, A., PARDO, G., VILLENA, J. y ARENAS, C. (1988). Las unidades tectosedimentarias del Neógeno del borde Ibérico de la Depresión del Ebro (sector central)". En: A. Pérez, A. Muñoz y J. A. Sanchez (eds.), *Sistemas lacustres neógenos del margen ibérico de la Cuenca del Ebro, Guía de Campo. III Reunión Grupo Especial de Trabajo, PICG 219*, pp. 7-20.

QUIRANTES, J. (1969). Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros. Tesis Doctoral. Univ. de Granada. Publicada en 1978 por: *Institución "Fernando El Católico" (CSIC). Diputación Provincial de Zaragoza*, 200 pp.

QUIRANTES, J. (1972). El Cuaternario en la parte central de la Depresión del Ebro. *Cuad. Geog.*, v. 2, pp. 63-68. Granada.

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. (1967). Resultados de un estudio sobre el Terciario continental de la parte este de la Depresión Central Catalana. *Acta Geológica Hispánica*, nº 1, pp. 1-6.

RIBA, O. (1976). Tectogenèse et sédimentation: deux modèles de discordances syntectoniques pyrénéennes. *Bulletin du B.R.G.M. (2ª Serie)*. Section 1, nº 4. pp. 383-401.

RIBA, A. O., REGUANT, S. y VILLENA, J. (1983). Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca del Ebro. *Libro Jubilar J.Mª Ríos. Geología de España*, IGME, T. 2, pp. 131-159.

SCHMIDT-KITTLER, N. (1987). Correlation chart of the most important European mammal localities. En: N. Schmidt-Kittler (ed.), *International Symposium on Mammalian Biostratigraphy and Paleocology of the European Paleogene*. Mainz. *Münchner Geowiss. Abh. (A)*, 10, pp. 17-19.

SIMON, J.L. (1989). Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin (Spain). *Journal of Structural Geology*, vol. 11., nº3, pp. 285-294.