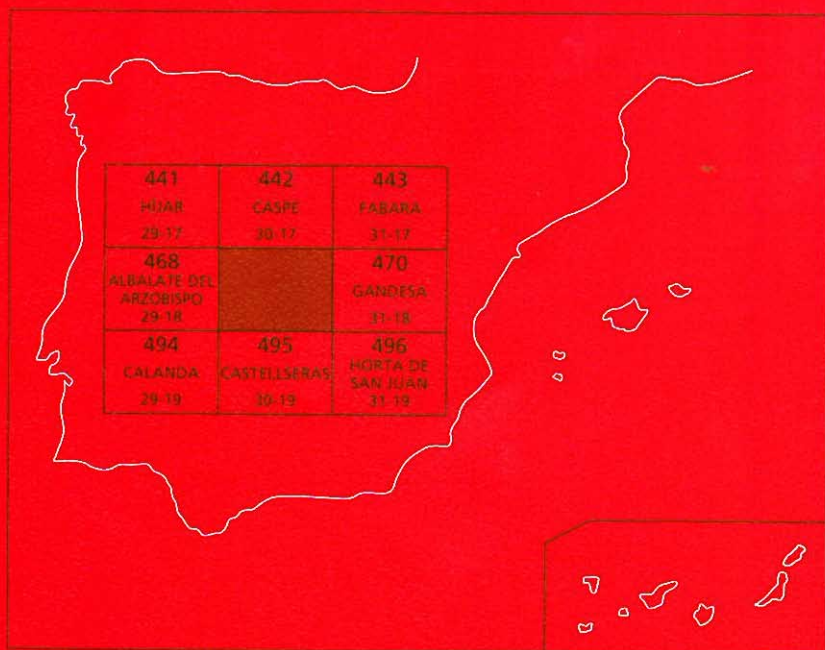




## MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



# ALCAÑIZ

# MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

# ALCAÑIZ

© INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M. 45.781-2004  
ISBN: 84-7840-560-7  
NIPO: 405-04-013-03

Fotocomposición: Cartografía Madrid, S. A.  
Impresión: Gráficas Muriel, S. A.

El Mapa Geológico y Memoria Explicativa de la Hoja de Alcañiz (469) han sido realizados, durante 1993 por la Compañía General de Sondeos, S. A., habiendo intervenido los siguientes autores:

### **Memoria**

J. J. Navarro Juli (CGS). Cartografía geológica del Terciario. Secciones estratigráficas. Tectónica. Sedimentología. Puntos de Interés Geológico. Memoria.

G. Portero García (CGS). Cartografía geológica del Cuaternario. Geomorfología. Memoria.

A. Hernández Samaniego (CGS). Coordinación y dirección. Geotecnia

D. Gómez-Gras (U. Autónoma Barcelona). Sedimentología del Laboratorio. Petrografía. Memoria.

J. Ramírez del Pozo. Micropaleontología.

G. Cuenca Bescos (U. Zaragoza). Micromamíferos.

### **Informes complementarios**

A. García Villar (CGS). Recursos Minerales. Memoria.

J. J. Navarro Juli (CGS). Neotectónica. Sedimentología. Lineamientos.

### **Coordinación del IGME**

A. Robador Moreno

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

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informe petrográficos, micropaleontológicos y sedimentológicos de dichas muestras.
- Fichas bibliográficas, álbum de fotografías y demás información.

# INDICE

0. INTRODUCCIÓN .....	7
1. ESTRATIGRAFÍA .....	9
1.1. TERCARIO.....	14
1.1.1. Unidad comprensiva de Valmuel .....	14
1.1.2. Unidad de Fayon-Fraga (río Guadalope) .....	15
1.1.2.1. Arcillas, paleocanales de arenisca y capas de caliza (2) (Chattiense) .....	19
1.1.2.2. Paleocanales de arenisca exhumados (3) (Chattiense) .....	19
1.1.2.3. Paleocanales de arenisca amalgamados (4) (Chattiense).....	20
1.1.2.4. Arcillas rojas con niveles edafizados, capas de caliza y paleocanales de arenisca (5) (Chattiense).....	20
1.1.2.5. Capas de caliza (6) (Chattiense) .....	21
1.1.3. Unidad de Mequinenza-Ballobar (Alcañiz) .....	21
1.1.3.1. Arcillas y paleocanales de arenisca (7) (Chattiense) .....	23
1.1.3.2. Paleocanales de arenisca exhumados (8) (Chattiense) .....	25
1.1.3.3. Conglomerados y areniscas (9) (Chattiense).....	25
1.1.3.4. Arcillas rojas con yeso nodular y areniscas (10) (Chattiense).	26
1.1.4. Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca (Valdealgofra).....	26
1.1.4.1. Areniscas, conglomerados y arcillas (11) (Chattiense) .....	27
1.1.4.2. Paleocanales de arenisca exhumados (12) (Chattiense).....	29
1.2. CUATERNARIO.....	29
1.2.1. Bloques, cantos y gravas. Arenas y limo-arcillas. Terrazas de los ríos Guadalope y Matarraña (16, 15, 14, 13). Pleistoceno indiferenciado-Holoceno .....	31
1.2.2. Bloques, cantos y gravas. Arenas y limo-arcillas. Fondos de valle de los ríos Guadalope y Matarraña (17). Holoceno .....	31
1.2.3. Arenas y limos. Cantos dispersos. Coluviones (18). Holoceno.....	31
1.2.4. Limo-arcillas y arenas con sales. Depósitos endorreicos (19). Holoceno.	32
1.2.5. Limo-arcillas y arenas con algún canto. Rellenos de val (20). Holoceno.....	32

1.2.6. Limo-arcillas y arenas con cantos esporádicos. Deposito aluvial-columial (21). Holoceno .....	32
<b>2. TECTÓNICA</b> .....	32
2.1. MARCO TECTÓNICO REGIONAL .....	32
2.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA .....	34
2.3. EVOLUCIÓN TECTÓNICA .....	37
2.4. TECTÓNICA .....	38
<b>3. GEOMORFOLOGÍA</b> .....	38
3.1. DESCRIPCIÓN FISOGRÁFICA .....	38
3.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO .....	39
3.2.1. Estudio morfoestructural .....	39
3.2.2. Estudio del modelado .....	39
3.2.2.1. Laderas .....	40
3.2.2.2. Formas fluviales .....	40
3.2.2.3. Formas eólicas .....	41
3.2.2.4. Formas endorreicas/lacustres .....	41
3.2.2.5. Formas poligénicas .....	41
3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES .....	43
3.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA .....	43
3.5. MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS .....	43
<b>4. HISTORIA GEOLÓGICA</b> .....	44
<b>5. GEOLOGÍA ECONÓMICA</b> .....	46
5.1. RECURSOS MINERALES .....	46
5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos .....	46
5.1.1.1. Aspectos generales e historia minera .....	46
5.1.2. Minerales energéticos .....	47
5.1.2.1. Aspectos generales e historia minera .....	47
5.1.3. Rocas industriales .....	47
5.1.3.1. Aspectos generales e historia minera .....	47
5.1.3.2. Descripción de los materiales .....	47
5.2. HIDROGEOLOGÍA .....	51
5.2.1. Climatología-hidrogeología .....	51
5.2.2. Inventario y usos del agua .....	53
5.2.3. Caracterización hidrogeológica .....	53
5.3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES .....	54
<b>6. PATRIMONIO NATURAL GEOLÓGICO. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO (P.I.G.)</b> .....	58
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	60

## 0. INTRODUCCION

La hoja de Alcañiz (31-17) se halla comprendida entre los meridianos  $0^{\circ}11'10''$ ,6 Oeste y  $0^{\circ}08'49''$ ,5 Este, y entre los paralelos  $41^{\circ}10'04''$ ,2 y  $41^{\circ}00'04''$ ,2 de latitud norte. Se encuentra situada en el sector central-meridional de la Depresión del Ebro y, desde el punto de vista administrativo, su superficie se reparte entre las provincias de Zaragoza y Teruel.

El relieve de la mayor parte de la hoja es irregular, con valles y barrancos que disectan los terrenos arenoso-lutíticos de la Depresión del Ebro. La altitud oscila entre 140-150 m en el NE de la hoja, en los cursos del Guadalope y Matarraña, y 573 m en el vértice de Foyas, al SE.

Las aguas de la mayor parte de la superficie estudiada vierten a los dos únicos cursos permanentes que atraviesan la hoja: el río Guadalope, desde el extremo SO en dirección NE, y el río Matarraña, que cruza la hoja de sur a norte por el extremo oriental del territorio. La divisoria entre ambas cuencas discurre por la cuerda montañosa que une los picos de Atalaya (560 m), Tremps (520 m) y Pantorrillas (458 m). Ambos ríos desembocan en el Ebro pocos kilómetros al norte de la hoja.

En un pequeño sector al norte de la Sierra de Vizcuerno las aguas vierten directamente al Ebro, y en el extremo NO lo hacen al Arroyo de Regallo que, a su vez, desemboca en el Ebro. En algunas zonas de la hoja se encuentran depresiones endorreicas llamadas «saladas», características de este sector de la Depresión del Ebro. También son característicos los numerosos cursos de agua estacionales de fondo plano denominados «vales» que presentan un gran desarrollo en el territorio comprendido en la hoja.

Hay dos embalses en la zona estudiada: el Embalse de La Estanca de Alcañiz, situado a 342 m de cota máxima, con una capacidad muy reducida ( $6,805 \text{ Hm}^3$ ), y el Embalse de Caspe, de reciente construcción (no figura en el mapa topográfico) con un volumen máximo de  $81,621 \text{ Hm}^3$ , a 230 m de altitud.

El clima de la zona es predominantemente seco (menos de 400 mm anuales) con largos veranos en donde se alcanzan con frecuencia temperaturas superiores a los  $35^{\circ}\text{C}$  y con una escasez pronunciada de lluvias durante este periodo. Los inviernos son también secos y a menudo

se encuentran temperaturas inferiores a 0 °C, siendo frecuente superar los 30 días de helada al año.

La vegetación predominante en los montes de la zona está constituida por las especies características del bosque mediterráneo en este sector de la Península: pinos, carrascas, romero, tomillo, espliego, enebro, sabina, lentisco, ocasionales madroños, etc. En extensas áreas esta vegetación autóctona ha sido sustituida por cultivos, fundamentalmente olivos, almendros, viñas, cereal y melocotón, así como hortalizas en las vegas de los cursos fluviales principales.

La zona estudiada se halla escasamente poblada, tanto que solamente hay tres poblaciones en la hoja: Alcañiz (12.697 hab), Maella (2.180 hab) y Mazaleón (627 hab), según datos del censo de 1992, la primera con un aumento constante a lo largo del presente siglo, y las dos últimas en continua regresión a lo largo del mismo periodo.

Las vías de comunicación se concentran en los extremos occidental y oriental de la hoja, destacando la ausencia de carreteras en una gran extensión (más de 300 km.<sup>2</sup>) en torno al centro de la hoja. En este sector adquiere especial relevancia la red de pistas trazada con motivo de la concentración parcelaria, así como la carretera de acceso a la Presa de Caspe, en la vertiente izquierda del río Guadalope.

La mayor parte de los materiales que configuran los terrenos comprendidos en la hoja son de edad oligocena, estando representada una parte del Eoceno en el borde NO. El recubrimiento cuaternario consiste, fundamentalmente, en depósitos asociados a los cursos fluviales principales y los sedimentos que constituyen el fondo de las vales, muy abundantes en este territorio. También son importantes las áreas endorreicas, como las «Saladas de Alcañiz».

Los sedimentos terciarios consisten, principalmente, en depósitos de origen fluvial y aluvial procedentes del desmantelamiento de la Cordillera Ibérica, situada al sur de la hoja. Las intercalaciones carbonáticas son muy escasas y de espesor reducido, y quedan restringidas prácticamente al borde septentrional.

La actividad tectónica ha afectado de forma manifiesta a los sedimentos terciarios. Los estratos se disponen con una suave inclinación regional hacia el NO, disposición alterada por una flexión con vergencia meridional que recorre la parte norte de la hoja de oeste a este, y que se relaciona directamente con el cabalgamiento de Puigmoreno, en la vecina hoja de Albalate del Arzobispo, que pone en contacto el Paleozoico sobre el Terciario de la Cuenca del Ebro.

Los primeros trabajos realizados en la Cuenca del Ebro, consisten en mapas geológicos muy esquemáticos. Fueron realizados por geólogos franceses y españoles, a mediados y finales del siglo pasado. En el presente siglo, el estudio cartográfico y estratigráfico de la misma recibe un fuerte impulso con los trabajos de LARRAGAN *et al.* (1952), ALASTRUE *et al.* (1957), QUIRANTES (1965, 1969), QUIRANTES (1966), RIBA (1967), RIBA *et al.* (1967), RIBA (1973), RIBA *et al.* (1975), COLOMBO (1980), CABRERA (1983), RIBA *et al.* (1983), SÁEZ (1987), PÉREZ *et al.* (1988), SALVANY (1989), ARENAS *et al.* (1989) y ARENAS y PARDO (1991).

Desde el punto de vista micropaleontológico, cabe citar los trabajos de AZANZA *et al.* (1988), AGUSTI *et al.* (1988), CUENCA *et al.* (1989) y CUENCA *et al.* (1991)



Para el estudio geológico de la hoja de Alcañiz (30-18), se han levantado un total de 9 columnas estratigráficas, que han respaldado el estudio cartográfico. Se han realizado, además, los habituales estudios de sedimentología, tectónica y geomorfología. Se ha procedido, también, a la búsqueda de facies con un potencial contenido en micromamíferos que permitan datar las unidades cartografiadas, aunque no se ha conseguido localizar ningún yacimiento nuevo. Además, se han recolectado muestras para el estudio petrográfico y micropaleontológico.

## 1. ESTRATIGRAFIA

La hoja de Alcañiz (30-18) está constituida por sedimentos terciarios, fundamentalmente detríticos, correspondientes a parte del Eoceno y Oligoceno del sector centro-meridional de la Depresión del Ebro.

El paquete sedimentario representado en la hoja consta de una serie detrítica monótona de depósitos fluviales y aluviales, con escasas intercalaciones carbonáticas de origen lacustre-palustre y de escasa entidad. Las facies son, en general, más proximales hacia el sur, excepción hecha de la esquina NO de la hoja, donde aparecen niveles conglomeráticos ligados a un accidente tectónico importante: el cabalgamiento de Puigmoreno, que queda en la vecina Hoja de Albalate del Arzobispo (29-18). En este sector también afloran capas carbonáticas extensas incluidas en una serie de edad eocena, sobre la que se dispone discordante la serie detrítica mencionada, perteneciente ya al Oligoceno Superior.

Tal abundancia de facies detríticas confiere al paisaje un rasgo peculiar característico la abundancia de paleocanales exhumados (RIBA *et al.*, 1967). La orientación de los paleocauces presenta un máximo que varía entre NNO y NNE, lo cual indica una procedencia ibérica de los aportes detríticos. Estos materiales detríticos forman parte del «Sistema de Guadalupe-Mata-raña» (CABRERA *et al.*, 1985), de procedencia meridional.

Composicionalmente, las areniscas del Oligoceno de la hoja de Alcañiz son litoarenitas constituidas fundamentalmente por fragmentos de rocas sedimentarias (calizas micríticas, areniscas y limolitas) y, en menor medida, por fragmentos de rocas metamórficas que raras veces exceden el 3% del total de la roca. Otros componentes fundamentales del esqueleto son el cuarzo, con índices de redondez muy bajos (angulosos-subangulosos), y los feldespatos, generalmente potásicos, puesto que las plagioclasas, si aparecen, lo hacen, casi siempre, con contenidos accesorios.

La mineralogía diagenética está representada exclusivamente por esparita, dolomita, óxidos de hierro, sílice y yeso, que se encuentran cementando la roca en porcentajes muy variables.

Esta serie oligocena presenta varias tendencias claras. En la base (unidades de Valmuel y Fayón-Fraga) son frecuentes los fragmentos de areniscas y rocas metamórficas, mientras que hacia el techo (unidades de Mequinenza-Ballobar y Torrente-Alcolea de Cinca) va aumentando el contenido en feldespatos potásicos (litoarenitas feldespáticas) a medida que van disminuyendo los fragmentos de areniscas, hasta casi desaparecer.

Las intercalaciones carbonáticas sólo adquieren cierta entidad en la parte septentrional de la hoja, debido a que al NE de la misma se halla un depocentro lacustre-palustre, muy bien desarrollado en las hojas de Fabara (31-17) y Mequinenza (31-16), correspondiente al «Sistema Lacustre de Los Monegros» (CABRERA, 1983 y ANADON *et al.* 1989. En general, son calizas muy recristalizadas (microesparitas) en las que resulta muy difícil observar la textura original. Probablemente en su origen fueron micritas o biomicritas con porcentajes variables de ostrácodos, gasterópodos y algas. Como mineral autigénico más frecuente tenemos el yeso, generalmente disuelto al hacer la lámina, por lo que ha sido muy difícil evaluar su contenido.

En la ejecución de la cartografía geológica de esta hoja, que se realiza conjuntamente con otras 5 hojas próximas al borde ibérico de la Cuenca del Ebro (Epila, Longares, Pina de Ebro, Híjar y Gandesa), se ha continuado con la misma metodología de estudio que la adoptada para la realización de la cartografía geológica de otras 28 hojas a escala 1:50.000 dentro de la Cuenca del Ebro, estudiadas entre 1989 y 1992. Esta metodología se basa en el estudio de la ciclicidad con que se ordenan los materiales sedimentarios de la hoja en la vertical. Se ha observado que los sedimentos que afloran en el área cartografiada se ordenan en secuencias positivas que se suceden en el tiempo de manera que la base de cada una viene determinada por una reactivación de la energía del medio que se manifiesta en un cambio brusco en la granulometría de los depósitos o en una repentina instalación de unas facies más proximales sobre otras de mayor distalidad.

Se han reconocido en la hoja 4 unidades cíclicas, según estos criterios. Cada una de ellas está constituida, en general, por facies relativamente más energéticas en su parte inferior que en su parte superior, y más energéticas también que las que constituyen la parte superior de la unidad infrayacente. El paso de una unidad a la suprayacente es, pues, neto y brusco, mientras que dentro de cada unidad los cambios verticales de facies se realizan de forma paulatina.

Estas unidades definidas corresponden a secuencias deposicionales (MITCHUM *et al.* 1977), es decir, «unidades estratigráficas, relativamente concordantes, compuestas por una sucesión de estratos genéticamente relacionados y cuyos límites, a techo y muro, son discordancias o sus conformidades relativas». Debido a la ausencia de un modelo bien definido en cuencas continentales (VAN WAGONER *et al.*, 1990), se ha preferido usar el término de «unidad genético-sedimentaria».

En trabajos previos, realizados entre 1989 y 1992 los equipos de CGS y ADARO, han dividido el relleno sedimentario de la Cuenca del Ebro en 20 unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendida entre el Priaboniense y el Aragoniense-Vallesiense. En la presente hoja sólo se encuentran representadas cuatro de ellas (fig. 1). Tres son de carácter detrítico, corresponden al Oligoceno superior, y presentan continuidad cartográfica con las unidades descritas en la parte central de la Cuenca del Ebro, concretamente con las de la vecina hoja de Caspe (30-17). Son las denominadas unidades de Fayón-Fraga, Mequinenza-Ballobar y Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca (figs. 1 y 2).

Los límites inferiores de estas unidades presentan ya rasgos de contacto discordante (en unos casos muy claros y en otros menos acusados), debido a la proximidad al borde de la cuenca. La más antigua de estas tres yace discordante sobre unos materiales predominantemente pelíticos, de edad Paleoceno en su base y Eoceno en su parte superior, que han sido englobados

Edad		Unidades genético-sedimentarias	Unidades litoestratigráficas asimilables	Descripción de las litologías hoja de Alcañiz	Yacimientos paleontológicos
Serie	Piso				
Oligoceno	Chattienense	U. Torrente de Cinca Alcolea de Cinca	Fm Caspe(*)	12. Paleocanales de arenisca exhumados. 11. Areniscas, conglomerados y arcillas.	— Ontiñena (2). — Ballobar-12 (1). — Fraga-11 (1).
		U. Mequinenza Ballobar		10. Arcillas rojas con yeso nodular y areniscas. 9. Conglomerados y areniscas. 8. Paleocanales de arenisca exhumados. 7. Arcillas y paleocanales de arenisca.	— Fraga 6-7 (1)
		U. Fayon-Fraga		6. Capas de caliza. 5. Arcillas rojas con niveles edafizados, capas de caliza y paleocanales de arenisca. 4. Paleocanales de arenisca amalgamados. 3. Paleocanales de arenisca exhumados. 2. Arcillas paleocanales de arenisca y capas de caliza.	— Fraga 2-4 (1)
Eoceno		U. Comprensiva de Valmuel	«Facies Garumniense»	1. Arcillas rojas yesíferas con niveles carbonatados y tramos arenosos. Niveles conglomeráticos basales e intercalados.	
Paleoceno					

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

(2) CUENCA *et al.* (1991).

(\*) QUIRANTES (1969).

Figura 1 Cuadro sintético de los materiales terciarios de la hoja de Alcañiz.

en una cuarta unidad (denominada Valmuel) (fig. 1). Esta unidad, ampliamente cubierta por depósitos cuaternarios se ha considerado en conjunto como una sola unidad comprensiva, discordante sobre los materiales paleozoicos que afloran de manera aislada en el sector de Puigmoreno y Valmuel, en la vecina hoja de Albalate del Arzobispo (29-18).

La discordancia entre la Unidad Comprensiva de Valmuel (Paleoceno-Eoceno medio) y la Unidad de Fayón-Fraga (Oligoceno superior) supone un hiato estratigráfico que abarca todo el Oligoceno inferior y parte del Eoceno.

En líneas generales, los materiales detríticos oligocenos que configuran la mayor parte de la presente hoja forman parte de la Formación Caspe definida por QUIRANTES (1969), y los depósitos paleoceno-eocenos de la Unidad Comprensiva de Valmuel corresponden a la «Facies Garumniense», término utilizado extensamente para designar los materiales continentales que forman el tránsito del Mesozoico al Cenozoico en el Pirineo (donde también se utiliza el término formal «Formación Tresp»), y cuyo uso también se ha aplicado abundantemente en la Cordillera Ibérica para referirse a los terrenos continentales de similar ubicación cronoestratigráfica (fig. 1).

En la figura 2 se representa la evolución espacial y temporal de las unidades oligocenas y miocenas del sector sur de Los Monegros, mientras que la figura 3 muestra el ensayo de correlación entre las unidades diferenciadas en el sector y las unidades tectosedimentarias definidas por PÉREZ (1989), PÉREZ *et al.* (1988), ARENAS y PARDO (1991) y GONZÁLEZ (1989).

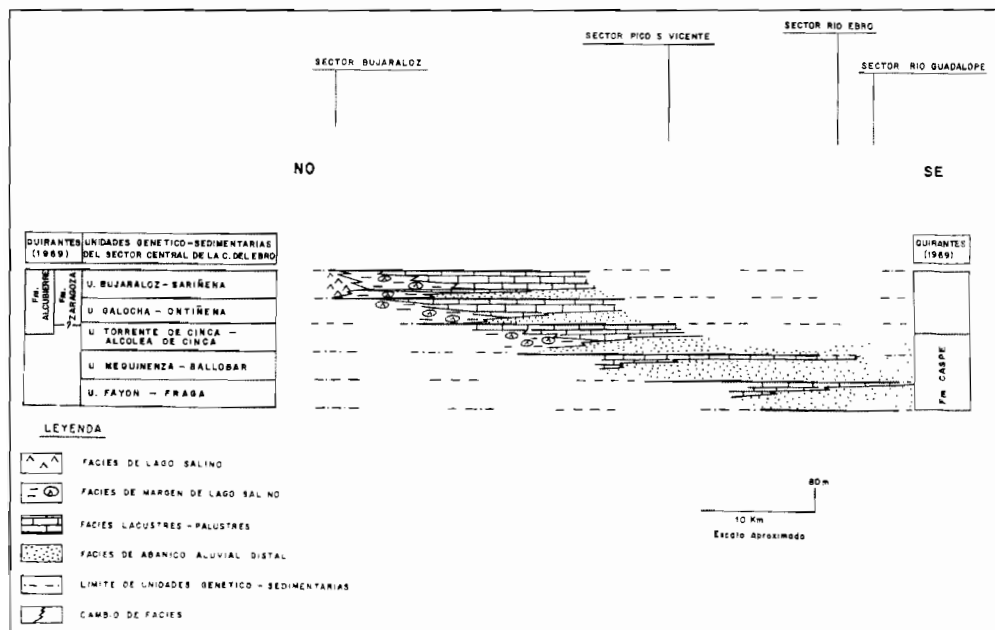


Figura 2. Modelo secuencial de las unidades genético-sedimentarias del sector sur de Los Monegros.

Edad		Uts. González (1989)	Unidades Magna-Ebro	Yacimientos micromamíferos estudiados en el magna Ebro	Otros yacimientos de mamíferos Cuenca del Ebro
Oligoceno	Chattiense	T4	U. Torrente de Cinca Alcolea de Cinca	— Ontiñena-1 — Clara-1	— Ballobar-12 (1) — Fraga-11 (1) — Autol, Santa Cilia (2)  — Fraga 6, 7 (1)  — Fraga-2-4 (1)
			U. Mequinenza-Ballobar		
			U. Fayon-Fraga		
Eoceno	T2	U. Comprensiva de Valmuel			

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

(2) ÁLVAREZ SIERRA *et al.* (1980).

Figura 3. Ensayo de correlación de las unidades genético-sedimentarias diferenciadas en la hoja de Alcañiz y las unidades tectosedimentarias de González (1989)

## 1.1. Terciario

### 1.1.1. **Unidad comprensiva de Valmuel. Arcillas rojas yesíferas, con niveles carbonatados, tramos arenosos y algún nivel conglomerático (1) (paleoceno-eoceno)**

Esta unidad aflora exclusivamente en el extremo NO del área cartografiada, constituyendo el fondo de la «hoja» situada al oeste del vértice Grasa (495 m).

Su carácter eminentemente arcilloso hace que en el sector cartografiado la unidad se encuentre muy recubierta por depósitos cuaternarios. Esto hace que pueda reconocerse únicamente en afloramientos aislados con elevado buzamiento (20-40°). La estructura general está constituida por dos anticlinales E-O y ESE-ONO con un apretado sinclinal intermedio, y con sendas inmersiones de sus ejes hacia el este.

La base de la unidad no aflora en el área de estudio, pero se ha reconstruido la totalidad de la misma desde su base mediante 4 series parciales que comprenden 210 m de serie aflorante. La potencia total estimada, incluyendo los tramos cubiertos, oscila entre 400 y 500 m, si bien no está completa dado que su techo es una discordancia angular.

Esta unidad se dispone discordante sobre los materiales paleozoicos del vértice Puigmoreno en la vecina Hoja de Albalate del Arzobispo (29-18), como se aprecia en la serie de Valmuel I (04). En este perfil la base está constituida por 3 m de conglomerado rojizo granodecreciente con cantos de hasta 30 cm en los que se disponen facies del Paleozoico y del Cretácico. Sobre este cuerpo se disponen unos 40 m de arcillas rojas con intercalaciones de areniscas y con frecuentes niveles carbonáticos que resaltan en la topografía. En algunos tramos abundan los nódulos de yeso. Lateralmente se observan cuerpos conglomeráticos por encima de estos 40 m, tras un nivel de nodulizaciones carbonáticas.

Por encima del perfil Valmuel I (04) existe un extenso tramo cubierto que podría tener 150-200 m de espesor, por encima del cual se ha realizado (fuera de hoja) la serie Valmuel II (05) en un afloramiento continuo de unos 50 m constituido por un doblete carbonático muy extenso que recorre varios kilómetros y llega a penetrar en la Hoja de Alcañiz (30-18), donde ha sido cartografiado como línea de capa, con un buzamiento de 20 a 30°. En este perfil los materiales son, fundamentalmente, arcillas rojas con abundante yeso nodular y en venas, e incluso constituyendo capas de orden decimétrico a métrico. El nivel carbonático principal que constituye la cuesta morfológica se sitúa en la parte superior del afloramiento y presenta un espesor medio de 2 m de caliza y yeso mezclados. En sectores donde abunda más la fracción carbonatada se reconocen fragmentos de gasterópodos y carofitas. Por encima, tras unos 10 m de arcilla yesífera, hay un nuevo nivel carbonático de 0,5 a 1 m muy continuo (junto con el anterior forma la cima del resalte), constituido por grandes nódulos de caliza dispersos en una matriz pulverulenta. El techo del perfil consiste en una alternancia de arcillas y delgados niveles carbonáticos.

Por encima del perfil anterior hay una gran extensión cubierta por depósitos cuaternarios en la que hay tan sólo un afloramiento aislado de Terciario en el cual se ha levantado la serie Valmuel III (06). Los materiales que la constituyen son, principalmente, areniscas con niveles conglomeráticos en los que se reconocen cantos de 5-7 cm de cuarcitas paleozoicas, calcarenitas y calizas con Rudistas (cretácicas), calizas con gasterópodos y areniscas. El espesor de este

perfil es de unos 70 m, el tramo cubierto entre las series Valmuel II y Valmuel III ronda los 50 m y por encima hay 20 a 40 m cubiertos hasta el siguiente afloramiento de la unidad, donde se han medido 50 m de la misma en el perfil de la Caseta de Martínez (07), hasta la discordancia de su techo.

La parte superior de la unidad está constituida fundamentalmente por arcillas y yesos, con frecuentes capas de yeso de orden métrico y alguna intercalación arenosa y, ocasionalmente, conglomerática, como sucede en la serie de la Caseta de Martínez (07). Sobre la Unidad de Valmuel se disponen los depósitos detríticos del Oligoceno superior mediante discordancia angular.

La parte inferior de la unidad (perfil 04) corresponde al Paleoceno (probablemente Thanetiense), según se desprende de las carofitas halladas (*Nitellopsis (Campaniella) cf. helicteres* BROGNIART y *Peckichara llobregatensis* FEIST y COLOMBO) y la presencia de gasterópodos característicos (*Vidaliella («Bulimus») gerundensis* VIDAL). El resto parece corresponder al Eoceno medio, si bien los restos fósiles encontrados están muy mal conservados: *Harrisichara hispanica* ANADON y FEIST, *Maedleriella cf. leiostachys* ANADON y FEIST, *Nitellopsis (Tectochara) major* GRAMBAST, *Maedleriella sp.*, *Gyrogona sp.*, *Grovesichara sp.* y gasterópodos indiferenciados.

En el sector estudiado, la Unidad de Valmuel presenta una asociación de facies que indica un medio sedimentario predominante correspondiente a un margen de lago salino, con episodios fluviales y lacustres. Sin embargo, es probable que esta unidad comprensiva contenga varias rupturas sedimentarias (fig. 4), pero las condiciones de afloramiento en el sector estudiado no permiten mayores precisiones.

Desde el punto de vista petrográfico los materiales detríticos de la Fm. Valmuel están constituidos por litoarenitas, cuyos componentes fundamentales son los fragmentos de rocas sedimentarias, tanto de areniscas (del Paleozoico?) como de calizas biomicríticas. A favor de la composición carbonática de estos fragmentos se ha desarrollado *Microcodium*, que también está presente en las capas calizas intercaladas en esta formación. El cuarzo es el segundo integrante del esqueleto en importancia, presentando tanto la tipología monocristalina como la policristalina. Con porcentajes mucho menores aparece el feldespato potásico, siendo generalmente de tipo ortosa.

Materiales equivalentes en edad afloran, dentro de la Cuenca del Ebro, solamente en algunos sectores del borde oriental. En la Cordillera Ibérica y en los Pirineos los depósitos contemporáneos son la denominada «Facies Garumniense», si bien sus límites inferior y superior presentan un marcado carácter diacrónico.

### **1.1.2. Unidad de Fayon-Fraga (río Guadalope)**

El área de afloramiento de esta unidad ocupa, fundamentalmente, una franja E-O en el tercio septentrional, desde el borde oriental de la hoja hasta la base de la Sierra de Vizcuerno, constituyendo un área deprimida con una prolongación hacia el SO siguiendo el curso del Guadalope. Además, un último afloramiento de esta unidad se sitúa en el borde NO, a lo largo de

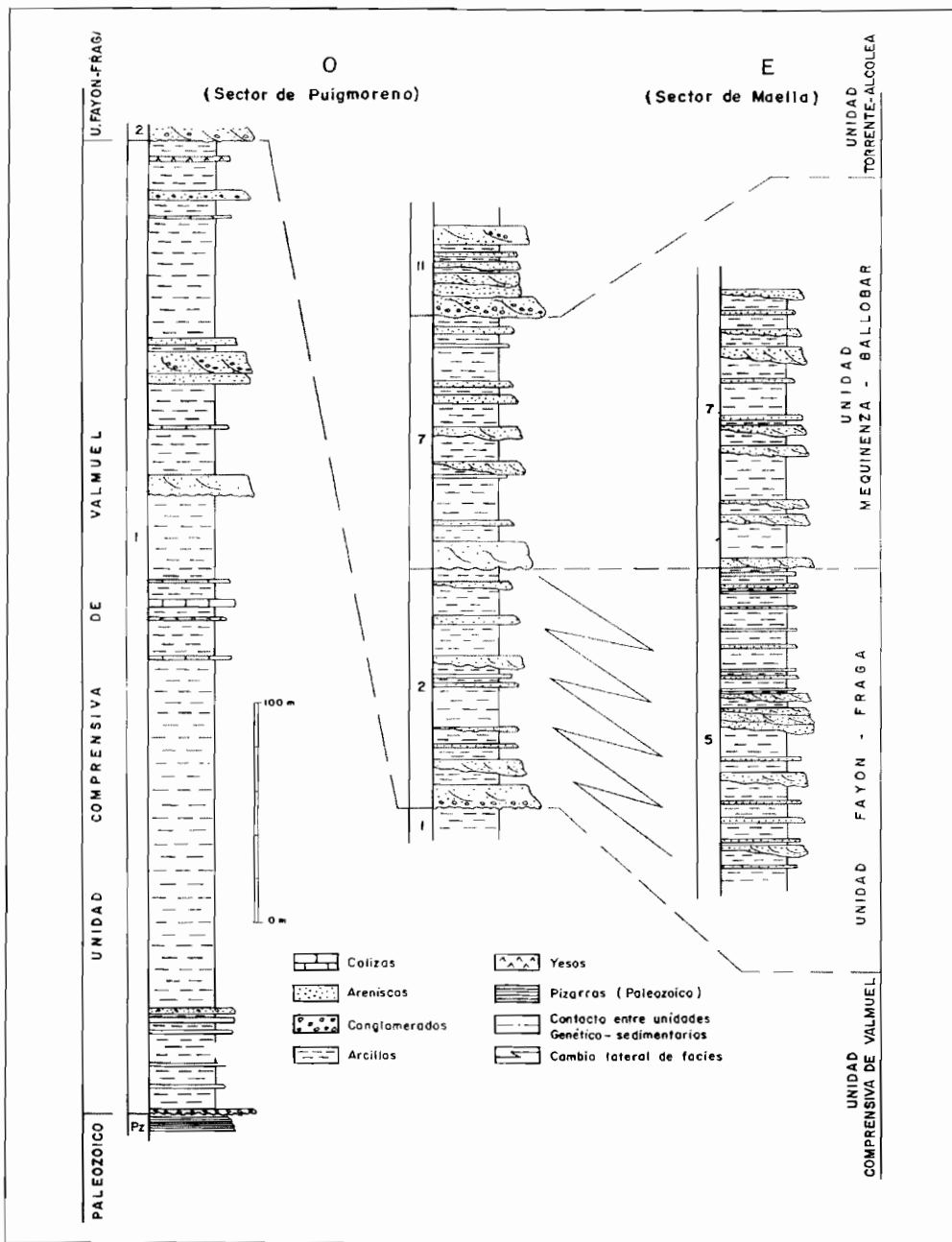


Figura 4. Series sintéticas del terciario de la hoja de Alcañiz (30-18).



las laderas de la «hoya» situada al oeste del pico Grasa, en el núcleo de una estructura anticlinal que atraviesa la hoja de E a O.

Está constituida por lutitas con abundantes paleocanales de arenisca, más abundantes en la parte inferior. La parte superior representa facies más distales, con niveles carbonáticos intercalados. El tránsito entre ambas es gradual y lateral. En el afloramiento occidental no se han diferenciado estas dos partes, si bien se observa una evolución a facies más distales hacia techo (fig. 4).

La base de la unidad aflora solamente en el sector NO, donde se encuentra discordante sobre el Eoceno (Unidad comprensiva de Valmuel). En este sector el espesor total de la unidad es de unos 100 m (perfil 01, Grasa), notablemente reducido respecto al resto de la hoja, ya que en la serie de la Val del Puente (09) se han medido 140 m sin que aflore la base, y debe haber, al menos, 20 ó 30 m más. En la serie de Chinchol (08) se han representado los 40 m superiores. La reducción de espesor en el NO se atribuye a la actividad sinsedimentaria del cabalgamiento de Puigmoreno.

Los materiales que constituyen la Unidad de Fayón-Fraga se encuentran extensamente afectados por una flexura de orientación E-O con vergencia S que recorre la totalidad de la hoja, si bien en el borde occidental presenta mayor intensidad y complejidad.

A escala regional (fig. 5), esta unidad se ha reconocido y cartografiado en las hojas de Fraga (31-15) y de Lérida (32-15), donde presenta una clara procedencia pirenaica y una evolución vertical de facies de abanico aluvial distal a facies lacustre-palustres. Más al sur, en las hojas de Mequinenza (31-16) y de Fabara (31-17) es fundamentalmente lacustre, con facies detríticas basales. En la hoja de Mayals (32-16) la unidad está constituida por sedimentos aluviales de procedencia catalánide, así como en la parte oriental de la hoja de Gandesa (31-18), donde se aprecia el rápido tránsito de facies conglomeráticas en el límite con los Catalánides a facies más distales, incluyendo intercalaciones carbonáticas hacia el interior de la cuenca. En la parte occidental de la hoja de Gandesa (31-18), así como en la vecina hoja de Caspe (30-17) y en ésta misma, la unidad está representada por depósitos fluviales de clara procedencia ibérica, con facies de llanura de inundación y lacustre-palustres hacia techo.

Las muestras estudiadas en la presente hoja presentan restos fósiles escasos y mal conservados, pero las asociaciones de charofitas reconocidas indican una edad Oligoceno superior (Chattien-se inf. medio) para la Unidad de Fayón-Fraga. Se han identificado: *Nitellopsis (Tectochara) meriani* (L. y N. GRAMB) spp. HUANGI WANG, *Stephanochara cavalieri* RIVELINE, *Sphaerochara hirmmeri longiuscula*, GRAMB y PAUL, *Chara microcera* GRAMB y PAUL, *Stephanochara cf. ungeri* FEIST-CASTEL, *Candona* sp., *Rhabdochara praelangeri* CASTEL, *Hornichara lagenalis* (STRAUB) HUANG y XU, *Stephanochara ungeri* FEIST-CASTEL, *Ostracodo* sp. G. RAMÍREZ y diversos gasterópodos lacustres pertenecientes a los géneros *Valvata*, *Planorbis*, *Limnaea*, *Succinea* y *Bithynia*.

No se han encontrado restos de vertebrados en la zona de estudio, pero los estudios de micromamíferos realizados por AGUSTI *et al.* (1988) en los yacimientos de Fraga-2 y Fraga-4, incluidos en esta unidad, en la hoja de Fraga (31-15) indican que la Unidad de Fayón-Fraga quedaría comprendida dentro de las biozonas de *Eomys major* y de *Eomys aff-major*, de edad Chattien (Oligoceno superior).

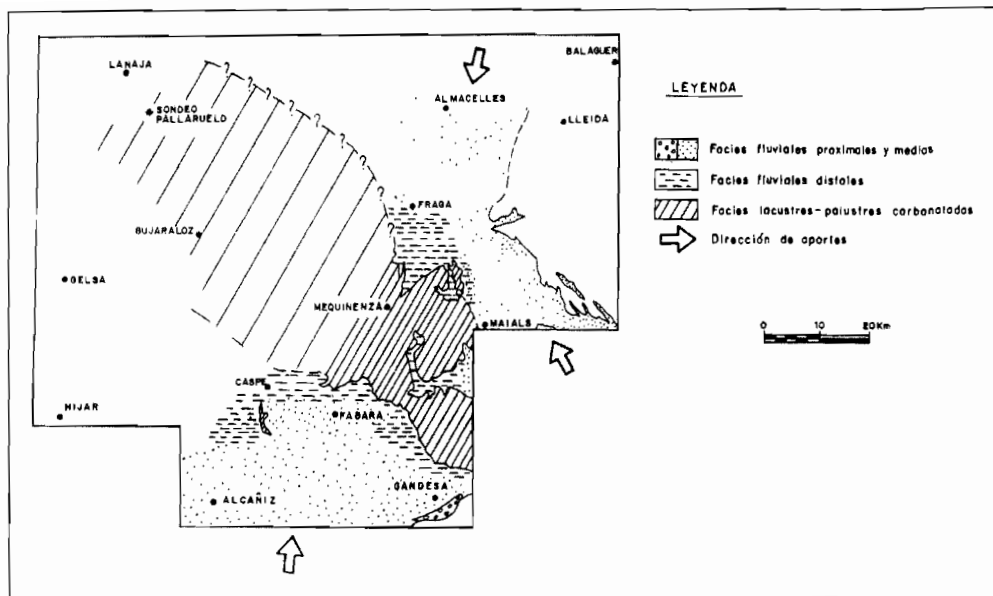


Figura 5. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Fayón-Fraga.

Los depósitos detríticos que constituyen esta unidad en la presente hoja, forman parte (fig. 1) de la Formación Caspe (QUIRANTES, 1969), así como los de la hoja de Caspe (30-17); los sedimentos detríticos de la zona norte (hojas de Fraga (31-15) y Lérida (32-15) están incluidos en la Formación Urgell (RIBA, 1967), y los del este (parte de las hojas de Maials (32-16), Fabara (31-17) y Gandesa (31-18)) forman parte de la Formación Flix (COLOMBO, 1980). Los materiales lacustres que constituyen gran parte de la unidad en las hojas de Mequinzenza (31-16) y Fabara (31-17) corresponden a la Formación Mequinzenza (QUIRANTES, 1969) y también a la unidad «Lutitas y calizas de la Granja d'Escarp» (CABRERA, 1983). En la zona de Fraga, la parte inferior de la unidad, de carácter detrítico, corresponde a la unidad «Lutitas de la Cuesta de Fraga» (CABRERA, 1983).

Desde el punto de vista petrográfico, las areniscas de esta formación son litoarenitas con un contenido en feldspatos potásicos que va aumentando claramente hacia el techo de la misma. Los fragmentos de roca más frecuentes son de calizas micríticas muy bioclásticas y de dolomía. Con respecto a la formación anterior, es de destacar la disminución importante en el contenido de fragmentos de areniscas y la existencia muy constante de fragmentos de rocas metamórficas de bajo grado, aunque en porcentajes inferiores al 5%.

En la cartografía geológica se han diferenciado cinco unidades cartográficas, separadas por contacto normal, como componentes de esta unidad genético-sedimentaria.

### 1.1.2.1. Arcillas, paleocanales de arenisca y capas de caliza (2) (chattiense)

Estos materiales afloran en el sector más septentrional de la hoja y constituyen las áreas topográficamente más deprimidas desde las inmediaciones de la Presa de Caspe hacia el este, a lo largo del borde norte del mapa. En este sector forman la parte inferior de la Unidad de Fayón-Fraga, sin llegar a aflorar la base, con lo que su espesor es desconocido (tan sólo afloran 30 m). También forman parte de las laderas de una depresión que alcanza el sector NO de la hoja, constituyendo un afloramiento aislado en el que se observa la base conglomerática discordante sobre la Unidad de Valmuel. En este afloramiento, la Unidad de Fayón-Fraga está constituida por esta unidad cartográfica en todo su espesor, que asciende a 110 m (columna de Grasa, 01).

Se trata de una unidad predominantemente arcillosa con abundantes cuerpos areniscosos intercalados y, ocasionalmente, niveles carbonáticos delgados. Las arcillas son de colores rojizos y pardos. Los cuerpos de arenisca son canaliformes, de 1 a 6 m de espesor, y, frecuentemente, se observan superficies de acreción lateral y geometrías de *point-bar*, con laminación cruzada planar y en surco y *ripples* de corriente (fig. 8). Las paleocorrientes indican procedencia meridional. Existen también intercalaciones subtabulares de areniscas granodecrecientes en las que se reconoce, en ocasiones, laminación paralela y de *ripple*. Las capas carbonáticas son de espesor reducido y, cuando dan resalte morfológico de gran continuidad lateral, se han representado como líneas de capa. Asociadas a los carbonatos se encuentran concentraciones de yeso en forma de grandes nódulos, capas y venillas. El yeso se encuentra disperso en el sedimento en forma de pequeños nódulos a lo largo de toda la unidad.

Aunque en el afloramiento NO esta facies constituye la totalidad de la Unidad de Fayón-Fraga, en el resto de la hoja constituye solamente su tramo basal, estando constituida la mayor parte de la unidad por facies más distales.

La asociación de facies de esta unidad corresponde a un medio de abanico aluvial. Los cuerpos areniscosos representan rellenos de paleocanales, depósitos de barras de meandro y, cuando son subtabulares, facies de llanura de inundación, también representada por las arcillas. Los niveles carbonáticos representan zonas de encharcamiento y, cuando son de gran continuidad lateral, etapas de expansión lacustre-palustre.

Por las consideraciones efectuadas en el apartado anterior, esta unidad se depositó durante el Oligoceno superior (Chattiense, probablemente inferior y medio), de manera que bajo la discordancia basal falta el Oligoceno inferior y el Eoceno superior.

### 1.1.2.2. Paleocanales de arenisca exhumados (3) (chattiense)

Estos materiales se encuentran intercalados en la unidad cartográfica anterior (2) y en la (5).

Se trata de cuerpos de arenisca acintados, de trazo sinuoso y con elongaciones comprendidas entre decenas y centenares de metros, con orientación variable, pero con un máximo estadístico en torno a N-S. Su espesor varía entre 2 y 8 m, y en su relleno se identifican estructuras de corriente como estratificación cruzada planar y en surco, *ripples* de corriente, superficies de reactivación con cantos blandos y, con frecuencia, superficies de acreción lateral correspondientes al avance de barras de meandro.

Se han diferenciado en la cartografía debido a que se encuentran exhumados por la erosión de las arcillas que los rodeaban, dando lugar a relieves con una morfología característica muy abundante en la zona.

Las características petrológicas son similares a las de las areniscas de las unidades en las que se intercalan (2 y 5).

Su edad es Chattiense.

#### 1.1.2.3. *Paleocanales de arenisca amalgamados (4) (chattiense)*

Esta unidad cartográfica se halla intercalada en la unidad (2) y en la (5). Se trata de cuerpos de arenisca superpuestos que tienen buena expresión cartográfica al quedar exhumados por erosión diferencial.

Estos cuerpos amalgamados corresponden a superposición de barras de meandro y canales fluviales, con estructuras sedimentarias como las descritas en el apartado 1.1.2.1.

Les asignamos una edad Chattiense, al encontrarse intercalada en unidades de esa edad.

#### 1.1.2.4. *Arcillas rojas con niveles edafizados, capas de caliza y paleocanales de arenisca (5) (chattiense)*

Esta unidad aflora en una estrecha banda en el sector septentrional de la hoja, desde la base de la Sierra de Vizcuerno hacia el este con una prolongación hacia el SO siguiendo el curso del río Guadalupe. Está situada estratigráficamente encima de la unidad (2), y parcialmente en tránsito lateral a la misma hacia el oeste.

En la columna de Chinchol (08) se han medido los 40 m superiores de la unidad, y en la serie del Val del Puente (09) se han medido 140 m hasta el techo, sin llegar a la base de la unidad. Las variaciones de espesor son bruscas debido al carácter de tránsito lateral del contacto inferior.

Se trata de una unidad constituida principalmente por lutitas con tablas de caliza intercaladas y cuerpos areniscosos con geometrías canaliformes y subtabulares (fig. 8). Las arcillas son rojizas, con frecuentes niveles edafizados (más abundantes hacia techo), marmorizaciones, rubefacciones intensas y, más raramente, bioturbación por raíces. Las capas de caliza, de potencia comprendida entre 5 cm y 40 cm (la tabla del techo en la serie 09), contienen restos de caráceas, ostrácodos y gasterópodos, y pueden formar superficies estructurales, en cuyo caso se han representado como otra unidad cartográfica (6). Las areniscas son mayoritariamente subtabulares y de espesores inferiores a 1 m, con granoselección positiva y escasas estructuras reconocibles; menos frecuentes son los cuerpos con base erosiva y espesor de hasta 5 m, con laminación cruzada en surco y planar, *ripples* y superficies de acreción lateral, correspondientes al desarrollo de barras de meandro.

La asociación de facies de esta unidad corresponde a un medio de abanico aluvial distal, donde dominan las facies de inundación (llanura lutítica y charcos carbonáticos) y de desbordamiento (areniscas subtabulares) sobre las facies más energéticas (paleocanales y *point-bar*). Las tablas carbonáticas más potentes y extensas indican la existencia de periodos de expansión lacustre-palustre.

El contenido paleontológico, expuesto en el apartado 1.1.2., indica una edad Chattiense inferior-medio para esta unidad.

#### 1.1.2.5. *Capas de caliza (6) (chattiense)*

Afloran intercaladas en la unidad anterior (5), y su desarrollo es mayor en tres áreas: al NO de Maella, al N de la Presa de Caspe, y en la zona de desembocadura de la Val de Prior en el Embalse de Caspe (sobre el río Guadalope).

Consiste en varios niveles calcáreos que se intercalan a diferentes alturas dentro de la parte superior de la serie de la Unidad de Fayón-Fraga. En el sector oriental, la capa más potente y desarrollada forma el techo de la unidad. Lo mismo sucede, de forma aislada, en diversas zonas a lo largo del contacto superior.

Se han cartografiado las capas de caliza cuando forman una superficie estructural de cierta entidad. En ocasiones se han trazado como líneas de capa.

La potencia de los niveles carbonáticos cartografiados es de 0,3 a 0,7 m, si bien en ocasiones se han considerado conjuntamente varios niveles próximos con tramos lutíticos intermedios. Contienen abundante materia orgánica y restos de caráceas, ostrácodos y gasterópodos.

Por su contenido fósil y por su posición estratigráfica (en la parte superior de la Unidad de Fayón-Fraga) se les atribuye una edad Chattiense inf.-medio.

### 1.1.3. **Unidad de Mequinenza-Ballobar (Alcañiz)**

Ocupa la práctica totalidad de la presente hoja, a excepción de la franja septentrional, donde ha sido erosionada y las zonas más elevadas, donde se halla recubierta por la unidad superior (esquina NO y relieve NE-SO en el cuadrante SE). En la Depresión del Ebro ha sido reconocida en las hojas de Fraga (31-15), Lérida (32-15), Gelsa (29-16), Bujaraloz (30-16), Mequinenza (31-16), Mayals (32-16), Híjar (29-17), Caspe (30-17), Fabara (31-17) y Gandesa (31-18).

Regionalmente (fig. 6), se trata de una unidad constituida por una orla detrítica en torno a un núcleo lacustre situado en el sector de Mequinenza y Fabara. La parte situada al norte (sector de Fraga y Lérida) tiene procedencia pirenaica, mientras que la zona oriental (sector de Mayals y Gandesa) tiene procedencia catalánide (y facies proximales), y el área occidental-meridional (donde se incluye la presente hoja) muestra una clara procedencia ibérica.

La evolución vertical de la unidad es de sedimentos detríticos de abanico aluvial a sedimentos de origen lacustre-palustre, contituyendo estos últimos la casi totalidad de la unidad en el sec-

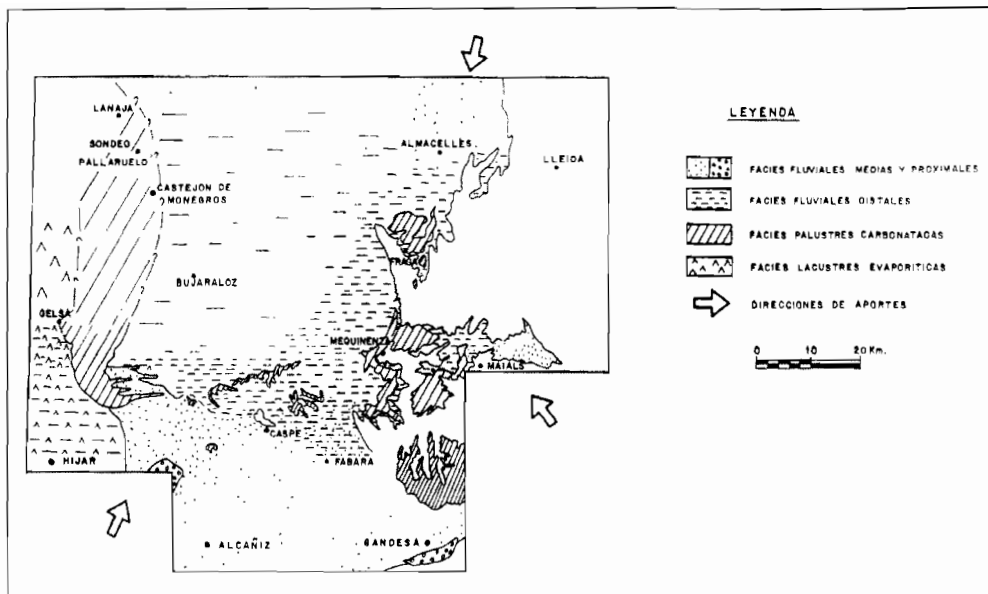


Figura 6. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Mequinenza-Ballobar

tor de Mequinenza y Fabara, y siendo muy minoritarios en el resto. En las hojas de Caspe (30-17), Bujaraloz (30-16), Gelsa (29-16) e Hija (29-17) la unidad está representada por sedimentos detríticos aluviales en los que se intercalan materiales carbonáticos de origen lacustrepalustre, siendo más abundantes estas intercalaciones hacia el techo de la unidad. En la presente hoja la tendencia es similar, pero apenas llegan a desarrollarse niveles carbonáticos, y en su lugar suelen presentarse niveles edafizados. En algunos sectores de la hoja pueden llegar a distinguirse dos subciclos, al igual que en la vecina hoja de Gandesa (31-18), donde esta distinción es más clara.

El contacto con la unidad inferior viene marcado por una serie de paleocanales de areniscas de 4 a 5 m de espesor que se disponen bruscamente sobre las facies arcillosas con tablas carbonáticas del techo de la Unidad de Fayón-Fraga, excepto en la esquina NO, donde la unidad inferior es más arenosa, y el límite es, por tanto, menos brusco. En este sector NO la base de la unidad llega a ser conglomerática y discordante, y se prolonga con este carácter fuera de la hoja hasta la zona del afloramiento paleozoico de Puigmoreno. El contacto superior supone una nueva reactivación de los sistemas aluviales marcada por una entrada conglomerática o arenosa importante.

La unidad ha sido estudiada en la serie de Grasa (01), donde se han medido 80 m de base a techo; en el perfil de Sierra de Vizcuerno (02), con los 60 m superiores; en la columna del Barranco de La Larga (03), donde están representados 70 m sin incluir la base ni el techo; la serie de Chinchol (08) muestra los 70 m inferiores; y en el perfil de la Val del Puente (09) se han medido 90 m desde la base, sin llegar a alcanzar el techo de la unidad, que tiene en ese área un

espesor próximo a los 150 m. Los 80 m de la columna de Grasa (01) suponen una reducción considerable debida a la actividad sinsedimentaria del cabalgamiento de Puigmoreno.

Dentro del área cartografiada la Unidad de Mequinenza-Ballobar está constituida, fundamentalmente, por materiales terrígenos de origen fluvio-aluvial con escasas intercalaciones carbonáticas que no llegan a tener representación cartográfica. En su mayor parte la unidad está formada por areniscas y lutitas, con un predominio de éstas últimas y yeso nodular en el cuadrante SO. La serie intercala cuerpos conglomeráticos cuyo tamaño y granulometría aumentan hacia el sur de la hoja en su parte occidental. En la esquina NO la unidad está formada por conglomerados casi en su totalidad, siendo su espesor reducido y llegando a disponerse discordante sobre la Unidad de Fayón-Fraga debido al levantamiento producido por el movimiento del cabalgamiento de Puigmoreno.

Los materiales terrígenos que forman la unidad en la presente hoja forman parte de la Formación Caspe (QUIRANTES, 1969), se caracterizan por presentar el mayor contenido en feldespato potásico (son litoarenitas feldespáticas), y sus componentes mayoritarios siguen siendo los fragmentos de roca. Estos feldespatos potásicos, que son de tipo ortosa y microclina, se encuentran, a veces, afectados por crecimientos perfiticos y presentan, en general, un buen estado de conservación.

Esta unidad se encuentra datada con precisión en el área de Fraga gracias al estudio de microvertebrados realizado por AGUSTI *et al.* (1988) en los yacimientos de Fraga-6 y Fraga-7. Los datos de estos autores permiten incluir esta unidad en el Oligoceno superior (Chattiense), abarcando la biozona *Rhodanomys transiens* y probablemente parte de la biozona *Eomys aff. mayor*. En la hoja de Alcañiz (30-18) se han recogido restos de carofitas (*Sphaerochara davidi*). FEIST-CASTEL y *Sphaerochara hirmeri longiuscula* GRAMB y PAUL, ostrácodos (*Candona cf. procera* STRAUB) y fragmentos de gasterópodos de los géneros Planorbis, Succinea y Valvata. Estos restos fósiles indican también una edad Chattiense (quizás superior) para la unidad.

Se han distinguido 4 unidades cartográficas en la Unidad de Mequinenza-Ballobar.

#### 1.1.3.1. Arcillas y paleocanales de arenisca (7) (chattiense)

Estos materiales afloran en la práctica totalidad de la hoja, a excepción de parte de la franja septentrional. Los materiales de esta unidad cartográfica constituyen la totalidad del espesor de la unidad de Mequinenza-Ballobar en la mayor parte de la hoja, ya que las demás unidades cartográficas, diferenciadas se intercalan en la misma, o bien son paso lateral de ella.

La potencia de estos sedimentos y, por tanto, la de la Unidad de Mequinenza-Ballobar, ronda los 120-150 m en la mayor parte de la hoja, si bien en las columnas levantadas no está representado el espesor completo de la unidad: los 60 m superiores en Sierra de Vizcuerno (02), 70 m en el Barranco de La Larga (03) sin incluir base ni techo, los 70 m basales en Chinchol (08) y los 90 m inferiores en la Val del Puente (09). La serie de Grasa (01), situada sobre la estructura anticlinal de Puigmoreno, en el sector NO de la hoja, es la única en la que está representada la totalidad de la Unidad de Mequinenza-Ballobar, pero en este sector, seguramente por la actividad sinsedimentaria del cabalgamiento de Puigmoreno, el espesor

de la unidad está considerablemente reducido (80 m en el perfil mencionado), siendo las facies más groseras.

Está formada por una alternancia de lutitas y areniscas, con niveles carbonáticos o yesíferos ocasionales. Las lutitas son pardas y presentan niveles edafizados, enrojecidos o bioturbados (raíces), más abundantes hacia la parte superior de la serie. Contienen con frecuencia pequeños nódulos de yeso y venillas rellenas de yeso fibroso, aumentando el contenido en sulfatos hacia el oeste de la hoja, de manera que en la zona NO (perfiles de Grasa, 01, y Sierra de Vizcuerno, 02) se individualizan capas de yeso de 1 m de espesor, y en la zona de La Estanca y Las Saladas (SO) se ha distinguido una unidad cartográfica (10) en tránsito lateral a la unidad (7), que se caracteriza por la abundancia de yeso y de términos lutíticos.

Los niveles carbonáticos son escasos, y suelen presentar un espesor de 5 cm a 20 cm. Ocasionalmente se encuentran niveles carbonáticos con abundancia de yeso en grandes nódulos; estos niveles pueden alcanzar espesores próximos a 1 m. Suelen contener restos mal conservados de charofitas, ostrácodos y gasterópodos, constituyendo a veces nivelillos margosos oscuros con escasos fósiles. Con frecuencia se encuentran bioturbados y perforados por raíces.

Por lo que respecta a las areniscas, se presentan en cuerpos subtabulares, canaliformes o con superficies de acreción lateral. Cuando son subtabulares, el espesor oscila entre 50 cm y 1,5 m, se reconoce granoselección positiva y, a veces, laminación horizontal o planar. Los cuerpos canaliformes tienen potencias entre 1 y 4 m por línea general, aunque pueden superar los 6 m. Presentan sets de laminación cruzada planar y en surco, con depósitos residuales (*lag*) conglomeráticos ocasionales en la base de cada set y granoselección positiva. Los cuerpos arenosos más frecuentes son los que presentan superficies de acreción lateral que delimitan barras sigmoidales con laminación cruzada planar y *ripples*, y con cantos blandos en la base de algunos cuerpos. En la cartografía se han representado como líneas de capa los cuerpos arenosos tabulares o con superficies de acreción que dan un resalte morfológico de cierta extensión.

El contenido fósil de esta unidad es escaso, mal conservado y está asociado a los niveles margosos. Se han recogido charofitas (*Sphaerochara davidi* FEIST-CASTEL y *Sphaerochara hirmeri longiuscula* (GRAMB y PAUL), ostrácodos (*Candona* cf. *procera* STRAUB) y fragmentos de gasterópodos pertenecientes a los géneros *Planorbis*, *Succinea* y *Valvata*. Estos restos, aunque escasos, indican una edad Chattiense superior. Los datos paleontológicos procedentes del estudio de microvertebrados en la zona de Fraga (AGUSTI *et al.*, 1988) también indican una edad Chattiense para la Unidad de Mequinenza-Ballobar.

Esta unidad presenta una asociación de facies de abanico aluvial distal (fig. 8). Los cuerpos arenosos canaliformes y con superficies de acreción representan rellenos de canales fluviales y depósitos de barras de meandro, respectivamente. Las areniscas subtabulares representan facies de desbordamiento, y las lutitas corresponden a facies de llanura de inundación, mientras que los escasos niveles carbonáticos representan etapas de expansión lacustre-palustre generalizadas o depósitos de encharcamiento locales.



### 1.1.3.2. *Paleocanales de arenisca exhumados (8) (chattiense)*

Esta unidad se halla intercalada en las unidades (7) y (10), y se encuentra presente en la totalidad del área de afloramiento de la Unidad de Mequinenza-Ballobar en la presente hoja.

Está constituida por los cuerpos de arenisca con geometría canaliforme o con superficies de acreción descritos en el apartado anterior, pero cuando quedan exhumados por erosión de las lutitas circundantes, de manera que dan lugar a resaltes morfológicos alargados. La descripción es idéntica, por tanto, a la efectuada en el apartado anterior para este tipo de cuerpos arenosos. Hacia el sur incluyen pasadas conglomeráticas más abundantes. Desde el punto de vista sedimentológico corresponden a rellenos de canales fluviales y, con frecuencia, a depósitos de barras de meandro.

En la cartografía dan formas acintadas, a veces sinuosas, cuyas orientaciones más frecuentes oscilan en torno a la dirección N-S, en líneas generales (N 340° E a N 020° E), lo cual confirma la procedencia ibérica de los aportes sedimentarios para la Unidad de Mequinenza-Ballobar en la presente hoja.

Al igual que la unidad precedente (7), donde se intercala, se le atribuye una edad Chattiense.

### 1.1.3.3. *Conglomerados y areniscas (9) (chattiense)*

Esta unidad cartográfica aflora en lentejones discretos hacia la parte meridional de la hoja, y, constituyendo la totalidad de la Unidad de Mequinenza-Ballobar, en el sector NO.

Tan sólo se ha representado en la parte superior de la columna del Barranco de La Larga (03). Consiste en cuerpos arenoso-conglomeráticos, con abundancia de conglomerados fundamentalmente en la base, que pueden ser arenosos hacia el techo de cada cuerpo. Los cuerpos suelen presentar espesores de 3 a 6 m, y corresponden a rellenos de paleocanales y barras de meandro con laminación cruzada planar y con abundancia de elementos detríticos de tamaño comprendido entre 0,5 y 3 cm. En el sector NO el tamaño de grano es mayor (3-5 cm), y los cuerpos, más frecuentes.

Lateralmente muestra relaciones de cambio de facies con la unidad (7) por pérdida progresiva de la fracción conglomerática. De este modo, en el sector NO de esta unidad constituye la totalidad del espesor de la Unidad de Mequinenza-Ballobar en el flanco N de la estructura anticlinal de Puigmoreno, pero rápidamente pierde su carácter conglomerático predominante al alejarse de la estructura.

En el sector meridional esta unidad se presenta a modo de indentaciones en la serie arenosa de la Unidad de Mequinenza-Ballobar; indentaciones que aumentan su frecuencia e importancia progresivamente hacia el sur (fuera de los límites de la hoja).

Desde el punto de vista sedimentológico esta unidad representa facies medias-proximales de un medio de abanico aluvial (fig. 8).

Por su posición estratigráfica se le atribuye una edad Chattiense.

#### 1.1.3.4. *Arcillas rojas con yeso nodular y areniscas (10) (chattiense)*

Al igual que la unidad anterior (9), esta unidad constituye un cambio lateral de facies dentro de la Unidad de Mequinenza-Ballobar. Aflora únicamente en el sector SO de la hoja, al oeste del curso del río Guadalupe, y se extiende por la vecina hoja de Albalate del Arzobispo (29-18).

Se trata de una unidad arcillo-arenosa similar a la unidad (7), pero con abundancia de yeso nodular e, incluso, estratificado, y con menor proporción arenosa. Se ha distinguido esta facies como una unidad cartográfica diferente ya que da lugar a un relieve con características morfológicas propias (áreas deprimidas extensas con zonas endorreicas). Las arcillas son rojas, con abundancia de edafizaciones, bioturbación por raíces, yeso en nódulos, en venillas y en niveles estratiformes de hasta 2-3 m de espesor. Con frecuencia se intercalan niveles carbonáticos de orden decimétrico o centimétrico. Las areniscas son, con frecuencia, subtabulares, masivas o con laminación horizontal, pero existen cuerpos con geometría canaliforme, con laminación cruzada planar y en surco y con superficies de acreción e, incluso, con pasadas conglomeráticas de cierta entidad. Estos cuerpos canaliformes llegan a tener espesores de más de 3 m.

Desde el punto de vista sedimentológico, esta unidad corresponde a una facies dominante de llanura de inundación dentro de un medio de abanico aluvial distal con procesos fluviales de cursos meandriformes.

Teniendo en cuenta los datos paleontológicos obtenidos en la unidad (7), a la que esta unidad pasa lateralmente, y los obtenidos regionalmente en la Unidad Mequinenza-Ballobar, se le atribuye una edad Chattiense.

#### **1.1.4. Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca (Valdealgofa)**

Esta unidad aflora únicamente en las cotas más elevadas de la Hoja de Alcañiz (30-18), constituyendo dos conjuntos de afloramiento separados:

- Sector NO, en torno al vértice Grasa (495 m); su área de afloramiento se extiende, con buzamiento al NO, por las vecinas hojas de Albalate del Arzobispo (29-18), Híjar (29-17) y Caspe (30-17).
- Sector meridional y oriental. Constituido fundamentalmente por un afloramiento continuo que, con forma alargada, recorre, en dirección NE-SO, las cimas de Pantorrillas (458 m), Coros (471 m), Tremps (520 m), Atalaya (560 m), Gallo (523 m) y Foyas (573 m), extendiéndose por la vecina hoja de Castelserás (30-19).

En la presente hoja no llega a aflorar el techo de la unidad, sino solamente la base, y el espesor de sedimentos representado no supera los 40-50 m en toda la extensión de la hoja. En la serie de Grasa (01) se han medido los 30 m basales de la unidad, y el perfil de Sierra de Vizcuerno (02) termina con la primera entrada detrítica de la unidad. En la vecina hoja de Caspe (30-17) la potencia total de la unidad ronda los 100 m.

La base de la unidad viene marcada en la hoja por una entrada detrítica brusca, normalmente incluyendo una fracción conglomerática, sobre la unidad infrayacente (Mequinenza-Ballobar).

bar), en facies detríticas de carácter algo más distal. Esta entrada representa una reactivación regional de los abanicos aluviales del margen ibérico, y tiene carácter de paraconformidad en la totalidad de la hoja, si bien en el extremo NO puede comenzar a adquirir carácter discordante, evidente más al oeste, en la vecina hoja de Albalate del Arzobispo (29-18), al norte del cabalgamiento de Puigmoreno. Este posible carácter discordante se manifiesta por una disminución de espesor de la unidad infrayacente en el sector NO, pero no hay evidencia a escala de afloramiento ni en fotografía aérea.

Desde el punto de vista composicional las areniscas de esta unidad son muy similares a las de la unidad anterior, pudiendo destacarse, si cabe, que poseen un ligero mayor contenido en bioclastos heredados de otras formaciones y la presencia de fragmentos de rocas plutónicas, constituidos por el intercrecimiento de cuarzo y feldespatos potásico.

En el dominio de la presente hoja la unidad está constituida por una sucesión de sedimentos detríticos de origen aluvial en la que no se aprecia evolución lateral o vertical alguna, si bien en el sector NO la base es francamente conglomerática y, en el resto, la fracción conglomerática es muy minoritaria. Regionalmente (fig. 7), hacia el norte de la zona estudiada las facies son progresivamente más distales, como se ve en la hoja de Caspe (30-17), hasta llegar a facies de origen lacustre-palustre al NO en la hoja de Gelsa (29-16). Hacia el NE la unidad evoluciona hacia una nueva área lacustre-palustre en la zona de Bujaraloz (30-16), Mequinenza (31-16) y Fabara (31-17). Más al norte de estas áreas lacustres vuelve a haber facies aluviales, pero con procedencia pirenaica. Al este de la presente hoja, en la parte oriental de la hoja de Gandesa (31-18), los aportes son de procedencia catalánide.

No existen yacimientos paleontológicos que caractericen la edad de la unidad en la presente hoja; sin embargo, le atribuimos una edad Chattiense-Ageniense por los estudios de AGUSTI *et al.* (1988) en los yacimientos Fraga-11 y Ballobar-12 (techo del Chattiense para la parte media-superior de la unidad en el sector de Fraga), y CUENCA *et al.* (1991) en el yacimiento de Ontiñena (Ageniense basal en la parte terminal de la unidad). Debido a que en la presente hoja sólo aflora la parte inferior de la unidad, atribuimos una edad exclusivamente Chattiense superior a los sedimentos aflorantes de la misma.

Respecto a la equivalencia con unidades definidas por otros autores en la Cuenca del Ebro, los depósitos carbonáticos que constituyen esta unidad pertenecen a la Formación Mequinenza (Miembro Losarcos) y a la Fm. Cardiel (Mbs. Bujaraloz y Cardiel), definidas por QUIRANTES (1969). Los depósitos detríticos forman parte de la Fm. Caspe, en el sector meridional de la cuenca, y de la Fm. Sariñena en el área septentrional. Ambas formaciones fueron definidas también por QUIRANTES (1969). Esta unidad también forma parte de las unidades «Calizas de Torrente de Cinca» y «Lutitas de la Cuesta de Fraga», definidas por CABRERA (1983).

En la cartografía geológica se han distinguido dos unidades cartográficas (11 y 12).

#### 1.1.4.1. *Areniscas, conglomerados y arcillas (11). (chattiense)*

Estos materiales afloran en las cotas más elevadas del territorio comprendido en la hoja, con un afloramiento principal formando una estrecha banda NE-SO entre Maella y Valdealgofra,

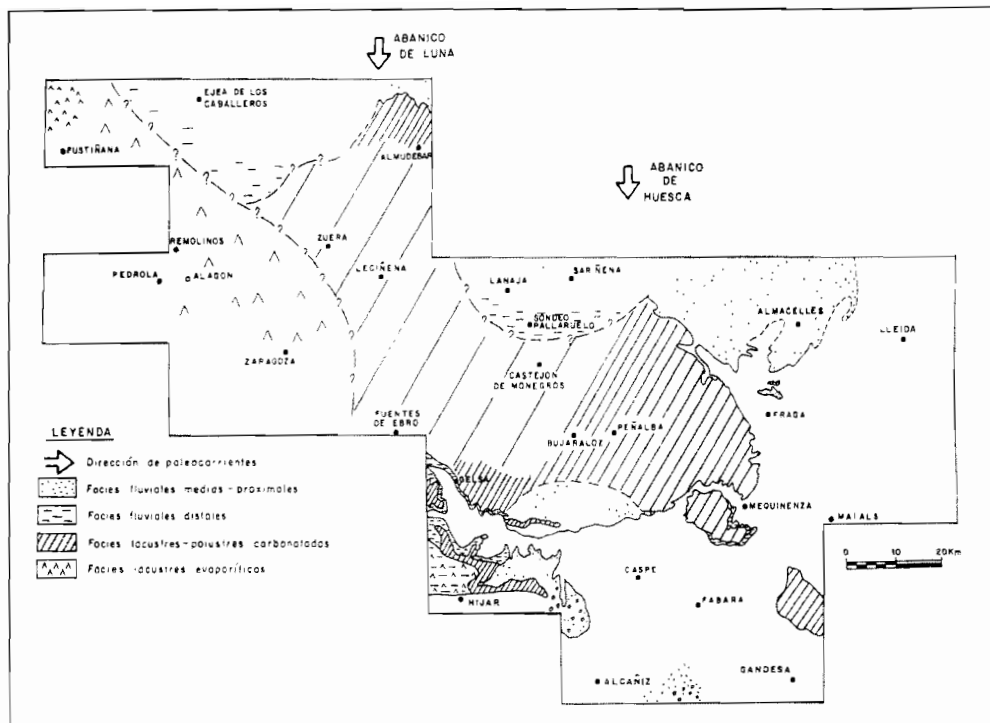


Figura 7. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Torre de Cinca-Alcolea de Cinca.

en el sector SE de la zona estudiada, y otro en la esquina NO. La otra unidad cartográfica (12) diferenciada en el territorio estudiado, dentro de la Unidad de Mequinenza-Ballobar, se intercala dentro de ésta, por lo que la potencia de la unidad (11) es prácticamente la misma que la de toda la unidad genético-sedimentaria.

Se han medido los 30 m inferiores de la unidad en la parte superior de la columna de Grasa (01), y la entrada detrítica basal a techo de la serie de Sierra de Vizcuerno (02).

Está formada por una alternancia de lutitas de color pardo y areniscas en cuerpos con geometrías de barras y canales, con raras intercalaciones carbonáticas de pequeña entidad. Las lutitas son arcillas y limos de color pardo, con ocasionales nódulos de yeso y algún nivel carbonático aislado de espesor centimétrico. Se observan escasas edafizaciones y los tramos lutíticos son de 2 a 8 m de espesor. Las areniscas se presentan en cuerpos de 1 a 8 m de espesor, con frecuentes superficies de reactivación que individualizan cuerpos sigmoidales con geometría de barras de acreción lateral. Internamente se reconocen sets de láminas con estratificación cruzada planar y en surco, con frecuentes depósitos residuales conglomeráticos (*lag*) en la base de cada set, ocasionalmente de cantos blandos, y con *ripples* en la parte superior de algunos cuerpos

(fig. 8). En la parte basal de la unidad, la porción conglomerática suele ser muy abundante, llegando a constituir cuerpos de 3 m de espesor exclusivamente conglomeráticos. Se observa un decrecimiento del tamaño de grano hacia techo de cada cuerpo y una disminución del tamaño y granulometría de los cuerpos arenosos conforme ascendemos en la serie.

Desde el punto de vista sedimentológico la parte aflorante de la unidad presenta una asociación de facies medias de abanico aluvial con procesos fluviales de cursos meandriformes. Probablemente la evolución en la vertical sea hacia facies más distales, pero la porción aflorante es únicamente la parte basal de la Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, correspondiente a la brusca reactivación de los sistemas aluviales ibéricos.

En la hoja de Alcañiz (30-18) no se han encontrado restos paleontológicos correspondientes a esta unidad. Sin embargo, le atribuimos una edad Chattiense, teniendo en cuenta las consideraciones realizadas en el apartado anterior.

#### 1.1.4.2. *Paleocanales de arenisca exhumados (12) (chattiense)*

Esta unidad se intercala en la anterior (11) y se ha representado en la cartografía porque, al igual que las unidades (3) y (8), confieren al paisaje de la zona una de sus peculiaridades más características. Aflora en la totalidad de la extensión de la Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca en la presente hoja, y también en las hojas de Caspe (30-17) e Híjar (29-17), dando lugar a relieves positivos con formas acintadas constituidas por paleocauces fluviales de cursos divagantes rellenos de areniscas y pasadas conglomeráticas.

Las orientaciones de los paleocanales indican una procedencia meridional de los aportes, y la fracción conglomerática aumenta hacia el sur, a excepción del extremo NO, por su proximidad al cabalgamiento de Puigmoreno.

Estos cuerpos son idénticos a los descritos en el apartado anterior y desde el punto de vista sedimentológico se inscriben en el mismo ambiente deposicional que la unidad (11).

A esta unidad, al igual que a la (11), se le atribuye una edad Chattiense.

## 1.2. CUATERNARIO

La hoja de Alcañiz se encuentra recubierta en buena medida por un conjunto de depósitos atribuibles al Cuaternario, de origen fluvial (terrazas y fondos de valle actuales de los ríos Guadalupe y Matarraña), de vertiente (coluviones), endorreicos y sobre todo mixtos o poligénicos (rellenos de «vales» y depósitos aluvial-coluvial).

A continuación se describen los mismos en orden a su edad y génesis.

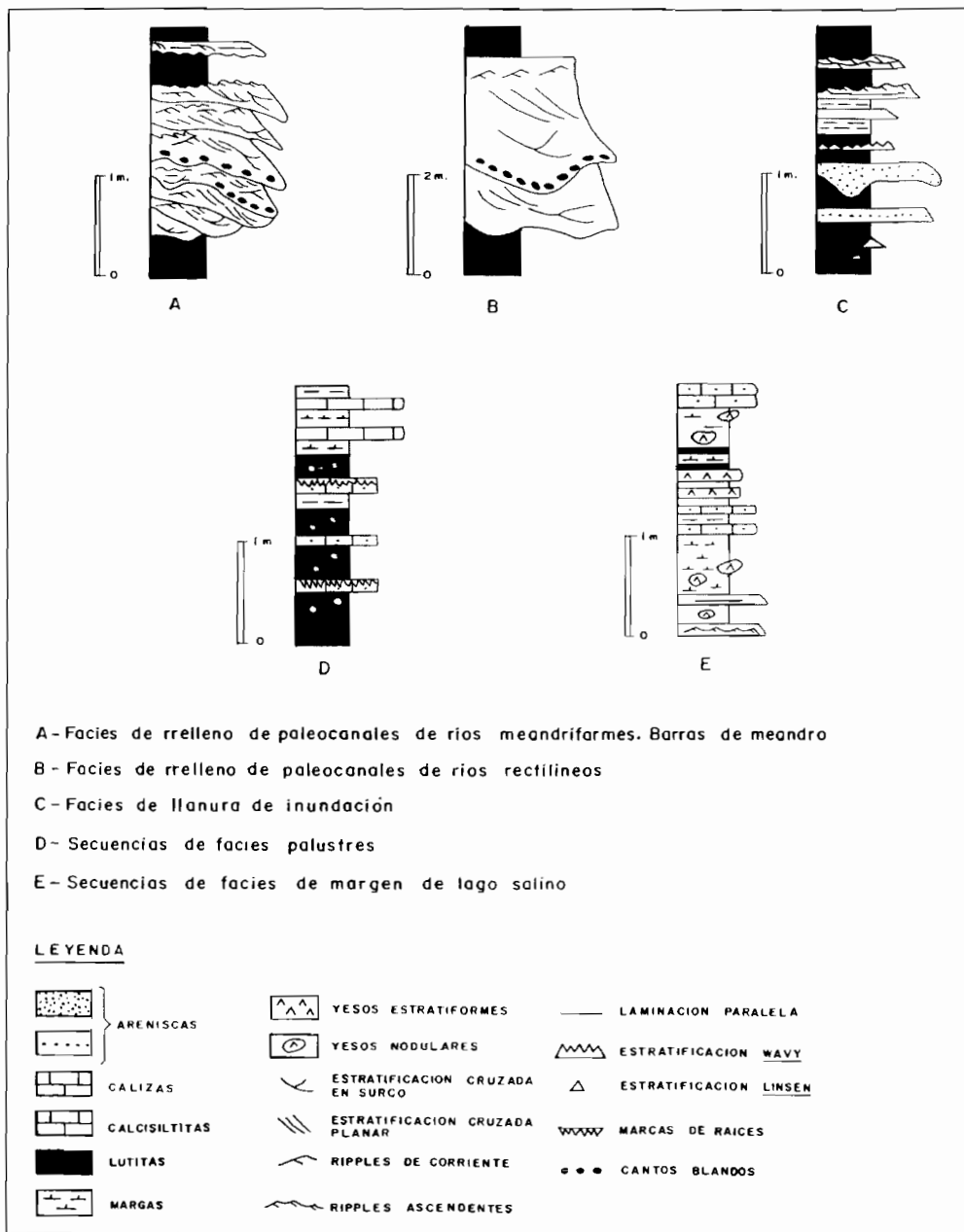


Figura 8. Secuencias de facies representativas de los ambientes deposicionales que se desarrollan en la Hoja de Alcañiz (30-18).

### 1.2.1. Bloques, cantos y gravas. Arenas y limo-arcillas. Terrazas de los ríos Guadalope y Matarraña (16, 15, 14, 13). Pleistoceno indiferenciado-holoceno

Se han cartografiado 4 niveles de terraza correspondientes al río Guadalope y 1 tan sólo al Matarraña, cuyas alturas respecto a los cauces actuales son como sigue:

Nivel	Río Guadalope	Río Matarraña
16	4-5 m	5 m
15	10-12 m	—
14	20-25 m	—
13	45 m	—

Por lo general son depósitos de reducida extensión lateral, salvo el nivel 14, que recubre varios km<sup>2</sup> al OSO de la localidad de Alcañiz.

Las dos terrazas inferiores (15 y 16) constan de limos rojizos con cantos muy esporádicos; las superiores son bloques, cantos y gravas, fundamentalmente calcáreas y en menor medida de arenisca, empastados en una matriz limo-arcillosa y arenosa.

En todos los casos las modas de los clastos oscilan entre unos pocos cm y 20 cm y los centiles de los bloques desde 0,5 a algo más de 2 m en el nivel superior (13), caracterizado por una intensa, aunque local, cementación en sus cantos.

Las potencias oscilan desde 3-5 m para los depósitos inferiores (15 y 16) hasta 12-15 m en el superior (13).

No existen criterios de datación absoluta de estas formaciones superficiales, si bien los niveles más altos corresponden con seguridad al Pleistoceno. La terraza a +(10-12 m) se ha considerado como Pleistoceno «terminal» y el depósito inferior +(4-5 m) Holoceno.

### 1.2.2. Bloques, cantos y gravas. Arenas y limo-arcillas. Fondos de valle de los ríos Guadalope y Matarraña (17). Holoceno

Los materiales que rellenan los fondos de valle de los ríos Guadalope y Matarraña están constituidos por bloques, cantos y gravas de naturaleza calcárea y areniscosa empastados en sedimentos limo-arcillosos de colores pardos u ocre.

En la hoja de Alcañiz, el río Guadalope ha desarrollado una reducida llanura aluvial que no supera los 100 m de anchura, mientras que el valle actual del Matarraña llega a superar el medio kilómetro en algunos puntos.

La potencia de los depósitos es de difícil comprobación, si bien en ningún caso supera los 5 m. Son formaciones de edad Holoceno, subactual y actual.

### 1.2.3. Arenas y limos. Cantos dispersos. Coluviones (18). Holoceno

Son acumulaciones de escasa entidad, que tapizan las bases de algunas vertientes o enlazan con los fondos de «val» y las llanuras aluviales de los ríos Guadalope y Matarraña.

Se consideran materiales subactuales, de potencias reducidas (inferiores a 2 m) que pueden presentar reactivaciones o flujos en el presente y/o futuro.

#### **1.2.4. Limo-arcillas y arenas con sales. Depósitos endorreicos (19). Holoceno**

Son acumulaciones poco potentes, constituidas por limo-arcillas y arenas con sales, asociadas a los sistemas lacustres presentes en la hoja: Salada de la Jabonera de las Torrazas y Panocha, en el cuadrante suroccidental y Hoya de Guallar y Picardías, en el margen septentrional.

Estos depósitos se consideran holocenos, subactuales y actuales.

#### **1.2.5. Limo-arcillas y arenas con algún canto. Rellenos de val (20). Holoceno**

Según ZUIDAM, 1976, las «vales» son valles rellenos de material detrítico de origen aluvial-coluvial, por removilización de los suelos de las laderas.

Otros autores (LLAMAS, 1962), suponen un origen eólico para estos materiales, o bien una combinación de procesos eólico-vertiente-fluvial (ALBERTO, *et al*, 1984).

En la hoja de Alcañiz se observa una densa red de «vales», que llegan en algunos casos, a adoptar morfologías dendríticas.

Los niveles de base se establecen en los ríos Guadalope y Matarraña.

Litológicamente constan de limos de colores ocres o pardos con cantos esporádicos y de pequeño tamaño.

Los espesores de los rellenos llegan a superar en algunos casos los 5 m y su edad debe considerarse como Holoceno reciente y actual.

#### **1.2.6. Limo-arcillas y arenas con cantos esporádicos. Depósito aluvial-coluvial (21). Holoceno**

Son recubrimientos limo-arcillosos asociados a arenas con algún canto, que tapizan algunas zonas llanas o deprimidas del margen suroccidental y el sector septentrional de la hoja.

Su potencia es reducida, inferior al metro y su edad Holoceno subactual.

## **2. TECTONICA**

### **2.1. MARCO TECTÓNICO REGIONAL**

La hoja de Alcañiz (30-18) está situada en el sector centro-meridional de la Cuenca del Ebro.



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

Los materiales sobre los que se disponen los sedimentos terciarios y que constituyen el sustrato de la Cuenca del Ebro, son principalmente de edad triásica y jurásica, con retazos cretácicos aislados, excepto en la parte oriental, donde llega a aflorar extensamente el zócalo paleozoico. Los mapas de subsuelo permiten observar (RIBA *et al.*, 1986) la inclinación generalizada de la superficie superior del sustrato hacia los Pirineos, llegando a sumergirse bajo las unidades deslizadas que constituyen el frente surpirenaico. Esta superficie alcanza en la parte norte de la Cuenca profundidades superiores a los 4.000 m bajo el nivel del mar (más de 5.000 en La Rioja Alavesa), mientras la parte meridional se mantiene siempre a menos de 1.000 m.

Esta disimetría de la cuenca se manifiesta también en la edad del relleno sedimentario. Los primeros sedimentos depositados sobre la superficie basal de la cuenca son de edad paleocena y eocena y de carácter marino sólo en la parte septentrional (en buena parte bajo los cabalgamientos pirenaicos), siendo continentales y de edad progresivamente más moderna cuanto más próximos al margen ibérico se encuentran, de manera que en los sectores meridionales y occidentales de la cuenca es el Mioceno quien constituye la base del Terciario.

El relleno sedimentario de la cuenca se organiza en secuencias deposicionales controladas por la evolución de las cordilleras circundantes (PUIGDEFABREGAS *et al.*, 1986). En líneas generales, la deformación es más joven, o ha perdurado durante más tiempo, en sentido E a O. Así, es en La Rioja donde se registra la actividad compresiva más moderna, hasta el Mioceno superior en las Sierras de Cameros y Demanda (MUÑOZ, 1992, data el final de la compresión como mínimo en el Vallesiense, pudiendo haberse prolongado de forma decelerada hasta el Turolense), y hasta el Vindoboniense en la Sierra de Cantabria, mientras que en esa misma época los Catalánides se encuentran sometidos a un régimen distensivo dominante. La complejidad de esta evolución tectónica, con migración de la deformación en el espacio y en el tiempo, se refleja en las características de las secuencias deposicionales y la complejidad de sus límites respectivos.

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

La hoja de Alcañiz (30-18) está ubicada en la parte centro-meridional de la Cuenca del Ebro, ocupando una posición próxima al borde septentrional de la Cordillera Ibérica, cerca de la «Zona de Enlace» con los Catalánides. Esta proximidad, unida al carácter sinorogénico de los sedimentos que configuran la hoja en el sentido de ser coetáneos con la deformación de las cadenas adyacentes, permite la existencia de deformaciones de cierta entidad en la hoja, si bien la mayor parte de la misma presenta una estructura geológica muy sencilla.

## 2.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

En la hoja de Alcañiz (30-18) la disposición estructural de las capas es, a grandes rasgos, subhorizontal, con un buzamiento regional de 1-3° hacia el NNO, si bien en la mitad septentrional de la hoja las capas están afectadas por una estructura de plegamiento de orientación E-O la «flexura de Maella», al norte de la cual se recupera la disposición regional de los estratos.

Se trata de una inflexión anticlinal de los estratos con manifiesta vergencia meridional. Las capas muestran en su flanco norte un buzamiento de 1-3° hacia el NNO, idéntico al de la parte sur de la hoja (buzamiento regional). En el flanco sur, en cambio, los estratos se inclinan hasta alcanzar buzamientos de 30-40°. Más al sur, los estratos recuperan con rapidez una posición subhorizontal con leve inclinación meridional y, progresivamente, forman un sinclinal muy laxo hasta recuperar totalmente el buzamiento regional (NNO). Estas características se mantienen a lo largo de toda la estructura, que recorre la totalidad de la hoja en su parte septentrional, constituyendo una estrecha franja de menos de 1 km de anchura.

La flexura mencionada se observa perfectamente en muchos lugares: 2 km al norte de Maella en dirección a Fabara, a una distancia semejante en dirección a Caspe, en la parte media de la Val de Moscar, en la Val de Colón, en la Presa de Caspe sobre el Guadalope, en la Val Blanca (junto al Mas de Moleja), en la Val de Prior (junto al Corral de Pardo), en el Mas de Miguelón, etc. Se adentra por el este más de 10 km en la hoja de Gandesa, donde se amortigua. En la parte occidental de la hoja de Alcañiz, esta estructura enlaza con la terminación oriental del antiforme de Puigmoreno, en cuyo núcleo afloran materiales paleozoicos (en la vecina hoja de Albalate del Arzobispo).

Las capas presentan, en la estructura de Maella, una orientación E-O muy constante. Sin embargo, a lo largo de su recorrido por la hoja se observan dos alteraciones principales de esta orientación. Una de ellas se produce al cruzar la estructura el cauce del río Matarraña, al norte de Maella. Entre ambas orillas los estratos presentan orientación NE-SO, y en ambos lados mantienen una orientación E-O, de manera que el eje de la flexura E-O queda brusca-mente desplazado casi 1 km hacia el norte al cruzar a la orilla oriental del río Matarraña. La otra alteración en la orientación de las capas es prácticamente idéntica a la anterior, pero situada 10 km más al oeste, en las proximidades de la cerrada de la Presa de Caspe, en los alrededores de la Torre de Anay. Allí también se produce una brusca reorientación de las capas hacia direcciones próximas a NE-SO, si bien no se recupera con rapidez, sino que durante algunos kilómetros las capas mantienen una orientación ENE-OSO hasta volver a adoptar paulatinamente la orientación E-O.

En el sector NE de la hoja, la flexura de Maella se halla duplicada a lo largo de unos pocos kilómetros. En efecto, se observa una nueva flexión algo más al norte, con idéntica vergencia, si bien más atenuada (las capas no presentan buzamientos superiores a 10°).

Esta estructura afecta a la totalidad de los materiales oligocenos que afloran en la hoja pero se observa un progresivo amortiguamiento hacia las capas superiores, de manera que la unidad de Torrente-Alcolea de Cinca apenas se encuentra afectada.

El cuadrante NO de la hoja se encuentra afectado por un anticlinal de gran radio, con orientación E-O, y vergencia septentrional. La flexura de Maella, con vergencia opuesta, se integra en este gran pliegue como una estructura menor. Este gran anticlinal es producto de la terminación oriental del cabalgamiento de Puigmoreno, que se desarrolla en la hoja de Albalate del Arzobispo (29-18) y que involucra a materiales paleozoicos.

El cabalgamiento de Puigmoreno en la hoja de Albalate (29-18) es, en realidad, una estructura compleja, constituida por tres escamas aflorantes de Paleozoico cabalgantes hacia el norte sobre el Terciario de la Cuenca del Ebro. En las vecinas hojas de Albalate del Arzobispo (29-18) e Híjar (29-17), e incluso, en la de Alcañiz (30-18), se observa un notable adelgazamiento de las unidades sedimentarias oligocenas, así como un aumento del carácter conglomerático de las mismas en relación con esta estructura (al norte de la misma). En la hoja de Híjar (29-17) se aprecia que la estructura ha estado activa hasta bien entrado el Mioceno (adelgazamiento y conglomerados en la Unidad Galocha-Ontiñena). El comienzo de su actividad data, al menos, de la parte inferior del Chattiense (discordancia basal del Oligoceno superior (Unidad Fayón-Fraga) sobre el Eoceno (Unidad Valmuel). La larga duración del periodo deformativo se manifiesta en la atenuación progresiva de la deformación hacia las capas más altas a lo largo de todo el Chattiense y parte del Mioceno.

En la parte más oriental de la hoja de Albalate del Arzobispo (29-18) esta estructura presenta una inmersión acentuada hacia el este, de manera que se amortigua rápidamente, y el plano de cabalgamiento principal queda reducido a un anticlinal con inmersión al este, progresivamente menos acentuado. Con estas características penetra la estructura en la hoja de Alcañiz. En esta zona a caballo entre ambas hojas se observa al norte del cabalgamiento principal un pliegue anticlinal con vergencia sur en las capas del Eoceno (Unidad de Valmuel), pliegue que se prolonga hacia el este, al tiempo que se va amortiguando el cabalgamiento y su anticlinal asociado.

La interpretación de la flexura de Maella es problemática. Por una parte, su carácter monoclinal parece ser indicativo de la existencia de una falla normal en profundidad. Sin embargo, el contexto tectónico es más coherente con la presencia de un accidente compresivo. Según esta última interpretación, este anticlinal vergente al sur representa una estructura retrocabalgante al norte del cabalgamiento principal. En la hoja de Alcañiz (30-18) este pliegue retrocabalgante afecta a la serie oligocena y se continúa hacia el este, constituyendo la estructura de Maella, que acaba de describirse, por adaptación de las capas superiores al frente de la escama retrocabalgante, que se introduce como una cuña a favor del tramo paleoceno-eoceno, de comportamiento plástico (fig. 9), sin llegar a progresar en las capas oligocenas. Esta interpretación proporciona una explicación también a la presencia de un anticlinal en la hoja de Caspe, al norte de esta estructura (fig. 9).

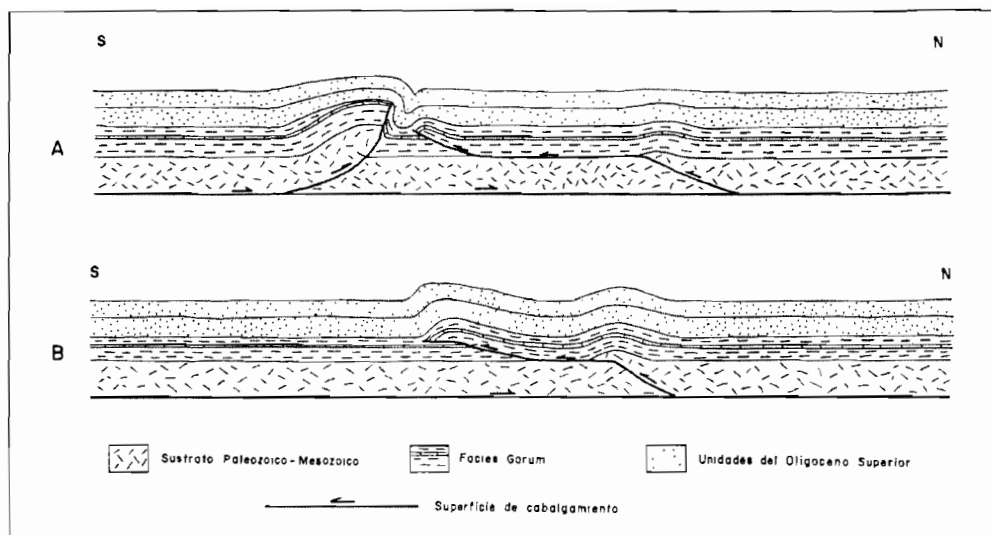


Figura 9. Cortes esquemáticos interpretativos de las estructuras de Puigmoreno y Maella. Nótese la estructura en anticlinal laxo desarrollada al norte del accidente de Maella en ambos cortes (situada en la hoja de Caspe).  
A) Corte por el meridiano de Valmuell. B) Corte por las inmediaciones de Maella.

Por tanto, en la hoja de Alcañiz (30-18) se observa la terminación periclinal por inmersión al este del anticlinal asociado al cabalgamiento de Puigmoreno y la prolongación oriental de esta estructura a través de la flexura de Maella. El hecho de que una estructura sea prolongación de la otra indica que, seguramente, se produce un relevo de ambas en profundidad, de manera que la deformación compresiva se resuelve de diferente forma a cada lado del curso del río Regallo. Al oeste, mediante un cabalgamiento hacia el norte que involucra el basamento paleozoico. Al este, mediante un retrocabalgamiento de pequeño salto y gran continuidad lateral. También se infiere que ambas estructuras son prácticamente coetáneas.

En conjunto, ambas estructuras constituyen una alteración notable de la disposición regional de las capas, generalizada a la mayor parte de la hoja. Esta alteración afecta a una estrecha franja en la parte septentrional de la hoja, franja que se ensancha bruscamente en la zona occidental, de manera que los buzamientos hacia el sur se extienden hasta las proximidades de la localidad de Alcañiz, en el cuadrante SO. El buzamiento meridional de los estratos se amortigua lentamente hasta recuperarse a cierta distancia al sur de la franja plegada, de manera que la hoja es atravesada por un sinclinal muy laxo cuyo eje se ha trazado en la cartografía como supuesto, debido a la incertidumbre en su situación exacta dados los escasos valores de buzamiento y el carácter detrítico de los materiales afectados, sin niveles de referencia extensos.

### 2.3. EVOLUCIÓN TECTÓNICA

En este apartado se realiza una descripción somera de los hechos más característicos de la evolución de la Cuenca del Ebro desde el punto de vista tectónico, haciendo especial hincapié en lo que afecta al territorio de la hoja de Alcañiz (30-18) y áreas próximas.

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.*, 1986) indican que el eje del surco sedimentario sufre una traslación hacia el sur desde el Paleoceno al Mioceno superior. También se observa que durante el Eoceno y Oligoceno existen dos depocentros, uno en Navarra-La Rioja y otro en Cataluña, separados por un alto relativo situado en Los Monegros. A partir del Mioceno el depocentro se sitúa en la zona de Los Monegros-Bajo Aragón, al tiempo que cesa la sedimentación en la parte catalana. En la parte occidental de la cuenca la sedimentación continúa durante gran parte del Mioceno a favor de los surcos sinclinales de Navarra y La Rioja (formados a comienzos del Mioceno), prolongándose durante el Mioceno superior al menos en La Rioja Alta y la Bureba, cuyo Terciario más moderno llega a enlazar con el de la Cuenca del Duero.

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

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

En lo que respecta al borde ibérico, se encuentra fosilizado en su mayor parte por depósitos miocenos posttectónicos. Sin embargo, en algunas áreas se registra actividad tectónica sinsedimentaria con repercusiones en la cuenca. En el frente de las sierras de Cameros y la Demanda se constata la presencia de actividad tectónica desde el Oligoceno inferior hasta el Vallesiense. En la zona que nos ocupa, el cabalgamiento de Puigmoreno afecta a sedimentos al menos desde el Oligoceno superior (el inferior está ausente así como la parte superior del Eoceno) hasta el Mioceno inferior, y esta actividad se desarrolla de forma episódica, configurando las diferentes unidades sedimentarias cíclicas del Oligoceno superior de la hoja de Alcañiz (30-18), que forman parte del «Sistema de Guadalupe-Matarraña» (CABRERA *et al.* 1985).

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 acti-

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

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

## 2.4. TECTÓNICA

Hacia el Mioceno superior-Plioceno se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque no se manifiesta por estructuras cartográficas en la hoja, sí produjo un sistema de diaclasado bastante homogéneo y débiles pero extensos basculamientos hacia el NNO probablemente controlados por fracturas del subsuelo. El campo de esfuerzos puede definirse, en primera aproximación, como una distensión tendente a radial con  $O_3$  próximo a E-W, que produciría el desarrollo de una familia principal de diaclasas en torno a N-S. No obstante, en dicho campo de esfuerzos se producirían, además, dos tipos de anomalías:

1. El intercambio de  $O_2$  y  $O_3$  en la horizontal tras producirse las primeras fracturas tensionales N-S, que daría lugar a una familia secundaria en dirección E-W.
2. La desviación de las trayectorias de  $O_2$  y  $O_3$  por efecto de hipotéticas fallas mayores preexistentes de dirección NW-SE en el sustrato.

Además, durante el Pleistoceno medio-superior se produce un movimiento generalizado de elevación relativa del terreno en el sector comprendido entre Pina de Ebro y Fayón, que determina la existencia de anomalías geomorfológicas diversas (RAMÍREZ *et al.*, 1992).

## 3. GEOMORFOLOGÍA

### 3.1. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

La hoja de Alcañiz se enmarca en la parte oriental de la gran morfoestructura o unidad fisiográfica constituida por la Depresión o Cuenca del Ebro.

Los principales relieves son las Sierras de Vizcuerno y las alturas de Pradillo-La Magallosa. Sobre los primeros se sitúan los vértices de Castiller (456 m) y Vizcuerno (430 m), mientras que en los segundos, Grasa, con 495 m es el punto culminante. Sin embargo, las cumbres cimaras de la hoja se localizan fuera de estos conjuntos orográficos: Atalaya (560 m) y Gallo (523 m), al sur de la hoja y Pantorrillas, al oeste de la localidad de Maella.

El río Guadalope recorre la hoja en sentido SO-NE, aprovechándose sus aguas en el Embalse de Caspe, curso arriba de Alcañiz. El Matarraña, que constituye la otra arteria fundamental, surca de S a N el margen oriental del territorio.

La red de drenaje se completa por un denso entramado de barrancos o «vales» de directrices NO-SE, SE-NO y OSO-ENE, que tributan a los ríos anteriormente mencionados.

Paisajísticamente la región presenta las características típicas de la Comarca del Bajo Aragón, con escasa vegetación y cultivos de cereales, vid y olivo.

Finalmente, el clima se caracteriza por su marcada continentalidad, de tipo semiárido, localmente árido, con valores anuales medios comprendidos entre 14,5 y 16,5 °C para las temperaturas y menos de 400 mm para las precipitaciones.

## 3.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

### 3.2.1. Estudio morfoestructural

En la hoja de Alcañiz el relieve viene condicionado por las características litológicas del conjunto: alternando con series arcillosas, las areniscas aflorantes lo hacen en cordones más o menos extensos, discontinuos, siguiendo una estructura típica de paleocanales y sólo en algunos niveles de areniscas se presentan en bancos más continuos y extensos. Los procesos de meteorización han dado origen a pequeñas cubetas cerradas, de dimensión decimétrica (*gnammas*), desarrolladas sobre los afloramientos subhorizontales de las areniscas en paleocanales (GUTIÉRREZ e IBÁÑEZ, 1979).

La erosión diferencial, al resaltar los contrastes litológicos, ha dado origen a formas de tipo tabular, mal definidas, sobre las que destaca un modelado anárquico, fuertemente desgajado en pequeños relieves individualizados dirigidos en su forma por la disposición de los lechos de areniscas. En la Sierra de Vizcuerno estos rasgos son perfectamente constatables, pudiendo diferenciarse hacia el Guadalope varios niveles de plataformas (PEÑA *et al.*, 1984).

Al este del río y hasta el límite con la hoja de Gandesa, este paisaje se repite, si bien aquí destaca la marcada digitación del conjunto terciario a cargo de los barrancos o «vales» afluentes al Matarraña y Guadalope (PEÑA *et al.*, 1984).

Para concluir este apartado, cabe reseñar la presencia de cerros cónicos originados por el desmantelamiento erosivo de antiguas superficies estructurales.

### 3.2.2. Estudio del modelado

La marcada semiaridez es la principal responsable del modelado de la región ocupada por la hoja de Alcañiz, en la cual tienen particular importancia los procesos de erosión-acumulación de génesis mixta («vales») y la actividad eólica.

### 3.2.2.1. Laderas

De una manera simplificada, una vertiente puede definirse como una superficie inclinada que sirve para enlazar el área de interfluvio con el fondo de valle o *talweg* correspondiente. Las vertientes de la Depresión del Ebro son el resultado de una historia geomorfológica compleja, cuya evolución en el tiempo ha sido bastante rápida y que ha dependido de un elevado número de factores (ALBERTO *et al.*, 1984).

La tipología de vertientes establecidas por IBÁÑEZ y MENSUA, 1976, en los yesos de Zaragoza, puede seguirse a grandes rasgos en la hoja de Alcañiz: a) vertientes en acantilado de posible origen tectónico, localizadas en las márgenes septentrional y meridional de la Sierra de Vizcuerno y occidental de las Alturas de Pradillo-La Magallosa; b) vertientes ligadas a la excavación de barrancos o «vales» que dominan ampliamente en el contexto de la hoja; y c) vertientes de degradación lenta, relacionadas con áreas de escaso contraste topográfico, poco representativas en el contexto del territorio.

Las oscilaciones climáticas ocurridas durante el Holoceno, unidas a la actividad antrópica, favorecen decisivamente los procesos de dismantelamiento y lavado erosivo de las vertientes y la acumulación al pie de las mismas de coluviones, que enlazan con los valles fluviales principales (Guadalope y Matarraña) y sus «vales» tributarios.

### 3.2.2.2. Formas fluviales

Las acumulaciones fluviales cuaternarias presentes en la hoja se reducen a las terrazas y llanuras aluviales actuales de los ríos Guadalope y Matarraña.

Ambos presentan un curso meandriforme, que en el caso del Guadalope adquiere una notoria sinuosidad entre la localidad de Alcañiz y el Embalse de Caspe.

En el marco de la hoja se han cartografiado 4 niveles de terrazas correspondientes al Guadalope y tan sólo uno del Matarraña.

Las alturas respectivas sobre los *talwegs* actuales, ya reseñados en el capítulo de Estratigrafía del Cuaternario son como sigue:

Nivel	Río Guadalope	Río Matarraña
e	4-5 m	5 m
d	10-12 m	—
c	20-25 m	—
b	45 m	—

La llanura o fondo de valle actual se encuentra incidido unos 2-3 m por los cauces en ambos sistemas fluviales. Como ya se ha reseñado a lo largo de este informe, el régimen morfoclimático del sector de la Depresión del Ebro ocupado por la hoja de Alcañiz es de carácter semiárido, lo que favorece la génesis de los procesos típicos de un sistema de estas características. Entre los fenómenos fundamentales de un régimen de esta especie, se han detectado la presencia de cárcavas (*badlands*) y procesos de incisión lineal.



El acarcavamiento se localiza en la cabecera de las «vales» del sector central de la hoja y de forma más local en su cuadrante noroccidental. Así, es evidente el proceso en las vertientes de la margen derecha de la Val de Jerique y Barranco de la Rabosa y en menor medida en las inmediaciones de la Val de Sedanta, en todos los casos a favor de arcillas oligocenas.

La incisión lineal se desarrolla en asociación con el acarcavamiento en algunas cabeceras de «vales», que en algunos casos se encuentran afectadas por el proceso en sus tramos medios e incluso inferiores, observándose disecciones de algunos metros de profundidad, llamadas en Aragón «tollos» en surcos o surcos encharcados.

Los procesos descritos han actuado a lo largo del Holoceno y no debe descartarse una cierta funcionalidad en el presente o futuro.

### 3.2.2.3. *Formas eólicas*

Se ha considerado que las depresiones morfológicas situadas al oeste de la localidad de Alcañiz y delimitadas por la Acequia Vieja, La Cruz de la Tierra Blanca y el Canal de la Estanca Vieja, corresponden a cubetas de deflación eólica ocupadas por sedimentos fluviales correspondientes a la terraza 20-25 m del río Guadalupe, sobre la que se observan localmente limos transportados por el viento en épocas subactuales y en el presente. IBÁÑEZ, 1973, 1975 y 1976, señala que muchas de las depresiones del Bajo Aragón son cubetas hidroeólicas generadas en una primera etapa por la disgregación y disolución que produce el agua sobre los materiales del área. Los productos resultantes de la meteorización son con posterioridad exportados por el viento en los periodos secos. Por otra parte ZUIDAM, 1976, pone de manifiesto que la acción del viento genera cubetas de deflación poco profundas, en los alrededores de Zaragoza, sobre glaciares y terrazas, como ocurre al oeste de Alcañiz.

### 3.2.2.4. *Formas endorreicas/lacustres*

Al igual que en otros sectores de la Depresión del Ebro, el territorio que se describe aloja un endorreísmo funcional, localizado por un lado al SO de la localidad de Alcañiz y de otra parte en el sector septentrional de la hoja, en la margen izquierda del Embalse de Caspe.

El primer foco mencionado constituye la terminación oriental del endorreísmo del Desierto de Calanda. Las cubetas en las que se ubican las charcas y lagunas se hallan sobre materiales arcillosos, quedando en algún caso cerradas por cordones de areniscas de paleocanales que contribuyen a su individualización. En este sector se encuentran las principales lagunas endorreicas: Salada de la Jabonera de las Torrazas y Panocha, de carácter estacional. La Estanca, de régimen permanente fue acondicionada para embalsar agua canalizada desde el río Guadalupe, por lo que no se ha representado como foco endorreico en la cartografía.

Por otro lado existían otras lagunas estacionales cubiertas en la actualidad por el Embalse de Caspe: balsas del Pico, Balsas de Sabanza, etc.

Son varios los autores que definen las condiciones de formación y otros aspectos de las lagunas endorreicas de la región: DANTIN, 1942, IBAÑEZ, 1973, 1975, 1976; PUEYO, 1978, 1980a y 1980b; ALBERTO *et al.*, 1984 y PEÑA *et al.*, 1984.

Básicamente su génesis vendría condicionada, según síntesis de IBAÑEZ, 1975, por los siguientes factores:

- a) Factores topográfico-estructurales, como la acusada horizontalidad de la Depresión del Ebro, que favorece el estancamiento de las aguas.
- b) Factores litológicos, como son la presencia de niveles arcillosos que hacen de sustrato impermeable y que constituyen el fondo de las lagunas e impiden que se desagüen, a lo que se suma la existencia de redes de paleocanales superpuestas que interfieren entre sí y condicionan la formación de pequeñas cubetas aisladas por erosión diferencial (depressiones hidroeólicas).
- c) Factores climáticos, como la existencia de una marcada semiaridez, e incluso aridez, producida por el efecto de sombra pluviométrica (*rain shadow*) causada por los Pirineos y la Cordillera Ibérica, siendo los meses más secos los de Julio y Agosto, y la existencia de vientos dominantes secos (de componente NO principalmente) que favorecen la evaporación de las aguas (LISO y ASCASO, 1969).

### 3.2.2.5. *Formas poligénicas*

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

En la hoja se han cartografiado dos morfologías de este tipo: las «vales» y los depósitos aluvial-coluvial.

Las «vales», formas muy características en la Depresión del Ebro, se definen como una tupida red de valles de fondo plano que disectan los materiales sobre los que se implantan.

Presentan forma de artesa y se encuentran rellenos por depósitos detríticos finos, a veces muy potentes.

Estas morfologías, de gran desarrollo en el territorio ocupado por la hoja, alcanzan su mayor relieve en el cuadrante noroccidental, al N y S de la Sierra de Vizcuerno.

Existen de manera mucho más reducida formas de origen mixto aluvial-coluvial, de débil diferenciación, localizadas en el margen occidental, al SO y O de las Alturas de Pradillo y Alcañiz, respectivamente, al SE de la Sierra de Vizcuerno y en el borde nororiental, donde enlazan con la terraza del río Matarraña.

### 3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

En el capítulo de Estratigrafía se ha realizado una pormenorizada descripción de las formaciones, así como de su constitución litológica, de sus rasgos sedimentológicos y su distribución areal. Todo ello se ha aplicado para depósitos recientes tanto de origen fluvial, de removilización de las laderas, lacustre y mixto o poligénico. Así pues, no se considera preciso efectuar una nueva descripción de estos materiales.

### 3.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA

Al finalizar las fases de deposición miocenas, de carácter endorreico, el establecimiento de la red fluvial del Ebro como sistema de transporte y erosión hacia el Mediterráneo, constituye el punto de partida de la evolución geomorfológica reciente de la región.

Este cambio, que condiciona el inicio del vaciado erosivo de la Depresión, debió producirse en el tránsito Mioceno-Plioceno (RIBA *et al.*, 1983), momento que debió acompañarse además de un levantamiento generalizado de la Cuenca del Ebro.

Durante el Pleistoceno se suceden las fases de aluvionamiento y encajamiento de los sistemas fluviales principales, a las que se suma la elaboración de los centros endorreicos funcionales.

Finalmente, en el Holoceno se configura definitivamente la red de drenaje y los focos endorreicos adquieren ya un aspecto muy próximo al actual, a lo que se suma la actuación de los procesos erosivos de arroyada (acaravamiento e incisión lineal).

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

El clima de una región resulta del conjunto de condiciones atmosféricas que se repiten, más o menos periódicamente, a lo largo del tiempo. De esta forma se puede decir que el clima es la sucesión periódica de tipos de tiempo (ALBERTO *et al.*, 1984).

Cualquier estudio geomorfológico debe anteponer al estudio del modelado un análisis de los procesos generadores de las formas presentes. El clima, como factor de gran importancia en esta actividad morfogenética, incide directamente sobre el paisaje variando su fisonomía e imprimiéndole unas características propias, que oscilan en función de la litología, textura y estructura de la roca, paleomorfología, vegetación, actividad antrópica, etc. De ahí la obligatoriedad de reconocer detalladamente los aspectos climáticos existentes en la zona estudiada, entresacando los parámetros que mejor definan los procesos morfogenéticos generadores, modificadores o conservadores del modelado actual (ALBERTO *et al.*, 1984).

La región ocupada por la hoja de Alcañiz pertenece a un sistema morfoclimático semiárido en tránsito hacia árido, en el que los procesos dominantes son la desecación, la alteración mecánica y la acción del viento y la arroyada. Las formas de paisaje actuales presentes son los barrancos esporádicos («vales»), arroyos, *badlands*, incisión lineal, cuencas de deflación y endorreísmo.

En el futuro próximo es muy previsible la continuidad de las condiciones climáticas actuales e inclusive el aumento de las condiciones de aridez.

La acción antrópica, deforestación, agricultura y pastoreo puede considerarse un eficaz agente en la evolución futura de los procesos citados.

#### 4. HISTORIA GEOLÓGICA

La hoja de Alcañiz (30-18) se sitúa en el sector central-meridional de la Cuenca del Ebro. Esta cuenca funcionó desde el Paleoceno hasta el Mioceno superior como una cuenca de antepaís cuya evolución ha estado relacionada, principalmente, con la del orógeno pirenaico (PUIGDEFABREGAS *et al.*, 1986), situado al norte. También, aunque de forma más restringida, ha influido en su evolución y desarrollo la evolución de los otros dos orógenos que bordean la cuenca: la Cordillera Ibérica y los Catalánides.

Durante las etapas iniciales del Terciario comienza la elevación de las cadenas colindantes a la actual Cuenca del Ebro. Anteriormente, el «macizo del Ebro» era un área elevada, sometida a erosión en ocasiones, que servía de área fuente a los surcos sedimentarios adyacentes; surcos que con posterioridad constituyeron las tres cadenas montañosas que bordean la Cuenca Terciaria del Ebro. Esta deformación incipiente fue progresando hacia el oeste, de manera que es más antiguo su inicio en las zonas más orientales. Tal elevación se manifiesta por la presencia de facies continentales de límites diacrónicos extendidas por la mayor parte del territorio que bordeaba al «macizo del Ebro». En el surco ibérico constituyen las «Facies Garumnienses», así como en el surco pirenaico, donde también se conocen por el término formal de «Formación Tremp» (MEY *et al.*, 1968). En el surco catalánide se corresponden parcialmente con la Formación Mediona (citada como nivel por ROSELL *et al.*, 1966, y definida como formación por ANADON, 1978).

En el Terciario más oriental de la Cuenca del Ebro solamente hay representación de depósitos marinos durante el Eoceno, y tan sólo en la parte septentrional (Formación Orpí, de FERRER, 1971). Estos depósitos, así como sus equivalentes en el Pirineo, delimitan el área de extensión de las transgresiones generalizadas que tuvieron lugar en el Eoceno.

A partir del Eoceno superior (Priabonense) se produce una regresión generalizada que elimina los últimos vestigios de sedimentación marina en el Pirineo y los Catalánides. Desde ese momento la Cuenca del Ebro se constituye, en su totalidad, como área de sedimentación continental en la que se desarrollan extensos sistemas de abanicos aluviales y redes fluviales distributivas desde los márgenes de la cuenca hacia sus sectores más centrales. En las zonas de orla de abanico y en sus partes más distales se sedimentaron importantes depósitos lacustres y evaporíticos en condiciones endorreicas.

La sedimentación de estos abanicos se produce de forma simultánea a la deformación de los orógenos que circundan la cuenca. Este hecho queda reflejado en las discordancias progresivas y angulares desarrolladas en los materiales conglomeráticos depositados en las zonas apicales de los abanicos de los bordes de la cuenca, donde se observa la progresiva migración de la deformación hacia el oeste. Esta migración queda reflejada también en la posición de los depocentros lacustres durante el Oligoceno y Mioceno. Al final del Mioceno superior la cuenca pierde su carácter endorreico y se instaura una salida al Mar Mediterráneo a través de los Catalánides. A partir de este momento, la cuenca deja de ser un foco de sedimentación y comienza a convertirse en un área de erosión, situación que se continúa hasta nuestros días.

Los sedimentos terciarios que afloran en la hoja de Alcañiz (30-18) pertenecen, mayoritariamente, al Oligoceno superior (Chattienense), a excepción de la esquina NO, donde afloran materiales más antiguos (Eoceno). Los depósitos eocenos muestran que durante esa época este sector de la cuenca estaba sometido a sedimentación continental. Los sedimentos oligocenos aflorantes forman parte de tres unidades genético-sedimentarias: Unidades de Fayón-Fraga, Mequinenza-Ballobar y Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca. Cada una de estas unidades está constituida, regionalmente, por sedimentos aluviales en la base y por sedimentos más distales en el techo. Esta ordenación refleja la reactivación de los sistemas aluviales hacia el centro de la cuenca en la base de cada una de las unidades diferenciadas. El único área de aporte que poseen los materiales aluviales presentes en la hoja corresponde a la Cordillera Ibérica.

Dentro del área cartografiada, el registro sedimentario más antiguo corresponde a los materiales eocenos de la Unidad Comprensiva de Valmuel (correspondientes a las facies Garumnienses). Su base no aflora en la zona, pero en la vecina hoja de Albalate del Arzobispo se dispone discordante (con edad Paleoceno) sobre el Paleozoico de la escama cabalgante de Puigmoreno. Las facies predominantes aflorantes corresponden a un ambiente de margen de lago salino y se encuentran intensamente deformadas por la actividad del cabalgamiento.

Sobre el Eoceno yacen discordantes los sedimentos de la Unidad de Fayón-Fraga, de edad Oligoceno superior, de manera que falta la parte más alta del Eoceno y la totalidad del Oligoceno inferior. Este hecho indica que la serie eocena fue deformada durante el Oligoceno inferior, quedando el área de Puigmoreno sometida a erosión hasta el Oligoceno superior. La deformación en esta zona ha continuado progresando, si bien de forma episódica, durante el resto del Oligoceno, como se refleja tanto en el adelgazamiento que experimentan en este sector las unidades oligocenas diferenciadas como en la atenuación progresiva de la deformación hacia las unidades superiores, así como en el creciente carácter conglomerático y discordante de las unidades en las proximidades del Puigmoreno. La deformación se prolonga hasta entrado el Mioceno, ya que en la hoja de Híjar (29-17) se encuentran también afectadas las unidades miocenas aflorantes.

Durante el depósito de la Unidad de Fayón-Fraga, la mayor parte del área se encontraba bajo condiciones de sedimentación fluvial en régimen meandriforme, con una progresiva disminución de la actividad fluvial hacia la parte superior de la unidad, a favor de un paulatino aumento de las condiciones de sedimentación lacustre-palustres que afectan a la mitad septentrional del territorio comprendido en la hoja.

Los materiales suprayacentes corresponden a las facies fluviales canalizadas que constituyen la base de la Unidad de Mequinenza-Ballobar, las cuales reflejan una reactivación de los sistemas aluviales en el borde ibérico, reactivación que guarda relación con la actividad de la estructura de Puigmoreno, así como otras estructuras del borde ibérico situadas al sur del área cartografiada. La evolución vertical de facies de esta unidad es muy poco acusada en la hoja de Alcañiz (30-18), si bien se observan condiciones algo menos energéticas en la parte superior de la misma. En la vecina hoja de Gandesa (31-18) se observa una evolución vertical constituida por dos subciclos de energía decreciente. Las áreas palustre-lacustres se desarrollan al norte y al NE del territorio estudiado, en las hojas vecinas. Esta unidad se encuentra también afectada por la deformación ligada al cabalgamiento de Puigmoreno, cuyo carácter sinsedimentario se refleja en la existencia de facies proximales al norte de la misma, al tiempo

que se depositan facies con yeso en un área protegida al sur de la estructura, mientras en el resto son constantes las facies fluviales sin yeso.

Con la sedimentación de la base de la Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, formada en la mayor parte del área por paleocanales de ríos meandriformes con frecuentes bases microconglomeráticas y conglomeráticas, queda reflejado un nuevo episodio de reactivación de los sistemas aluviales procedentes de la Cordillera Ibérica en la parte terminal del Oligoceno. Estos depósitos muestran todavía los efectos de la deformación producida por la estructura de Puigmoreno, aunque con una intensidad muy atenuada.

Desde este momento, y hasta los tiempos cuaternarios, no existe registro sedimentario en la hoja de Alcañiz (30-18). Por consideraciones regionales, puede indicarse que la sedimentación se prolongó a lo largo del Mioceno con el depósito de unidades de características similares, localizándose sus depocentros sedimentarios principalmente hacia el NO de la zona estudiada.

A partir del Aragoniense, el campo de esfuerzos regional corresponde a un régimen extensional que se prolonga hasta la actualidad (SIMON, 1989). En el tránsito Mioceno-Plioceno se produce un fuerte cambio en las condiciones de sedimentación de la cuenca. Tras la apertura de una salida del río Ebro al Mar Mediterráneo a través de los Catalánides, la Cuenca del Ebro se convierte en un área donde predominan los procesos de erosión sobre los de sedimentación. Desde este momento, y durante todo el Cuaternario, se produce una erosión generalizada de los materiales de la cuenca, con ocasionales periodos de sedimentación relacionados, seguramente, con cambios climáticos.

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

Regionalmente hay constancia de una moderada actividad neotectónica en la cuenca, relacionada principalmente con el régimen distensivo y con los procesos asociados a la peculiar mecánica de los materiales evaporíticos presentes en diversos sectores de la cuenca. Sin embargo, en áreas adyacentes la actividad neotectónica presenta una importancia notable, como en el caso de los Catalánides, relacionada con la propagación hacia el sur de las fosas y desgarres del norte y Centro de Europa (SANZ DE GALDEANO, 1990).

## **5. GEOLOGÍA ECONÓMICA**

### **5.1. RECURSOS MINERALES**

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

##### *5.1.1.1. Aspectos generales e historia minera*

En lo referente a los minerales metálicos, no se conocen indicios o explotaciones antiguas ni actuales de este tipo de sustancias en el ámbito de la hoja.

De minerales no metálicos, considerando a los yesos como tales, solo existe una explotación abandonada de este tipo de material en la esquina SO de la hoja. Donde se explotaron niveles de yesos nodulares de la unidad de Mequinenza-Ballobar para calcinación.

### **5.1.2. Minerales energéticos**

#### *5.1.2.1. Aspectos generales e historia minera*

No hay constancia de indicios o explotaciones antiguas o actuales de minerales energéticos.

### **5.1.3. Rocas industriales**

#### *5.1.3.1. Aspectos generales e historia minera*

La hoja cubre un territorio netamente agrícola y relativamente poco poblado por lo que el consumo de rocas industriales ha sido y es muy modesto.

A lo largo del tiempo se han ido abriendo y abandonando canteras fundamentalmente de las siguientes sustancias: Gravas y arenas para áridos naturales o de machaqueo, arcillas para cerámica estructural y areniscas para piedra de construcción.

#### *5.1.3.2. Descripción de los materiales*

Bastantes de las canteras antiguas son de escasa entidad o están integradas en el medio actualmente, especialmente las de arcilla.

En el mapa se han representado 14 explotaciones de rocas industriales como mas significativas, de las cuales solo 4 presentan cierta actividad. Dos de ellas (n.<sup>os</sup> 9 y 13) explotan gravas de terrazas antiguas del río Guadaloque en las cercanías de Alcañiz. Son materiales mal clasificados con bastante matriz limo-arenosa que las aproxima más al termino zahorra. Se deben utilizar como áridos naturales, ya que no se han observado instalaciones de machaqueo.

Las otras dos explotaciones con actividad, aunque intermitente, son las reseñadas con los n.<sup>os</sup> 1 y 15. Están situadas en el NE y SE de la hoja, en el río Matarraña de cuyos márgenes extraen gravas y arenas. Se trata de materiales mejor clasificados y con menor matriz que los anteriores. Se emplean como áridos naturales, en el caso de la explotación n.<sup>o</sup> 1, como subbase de carretera.

El resto de las explotaciones de gravas reseñadas están abandonadas, aunque las n.<sup>os</sup> 2 y 3 han sido recientemente utilizadas en la presa de Caspe, posiblemente como material de préstamo, ya que son materiales de terrazas muy heterogéneos (zahorras) desde tamaño bloque hasta limo-arcilla.

Las dos explotaciones de arcillas inventariadas son las nºs 6 y 11 están abandonadas hace mucho tiempo y se utilizaron posiblemente para cerámica estructural. Se trata de arcillas rojas con niveles de margas con yesos y areniscas de la unidad de Mequinenza-Ballobar.

En los taludes del río Matarraña se explotaron antiguamente arenas con matriz limo-arcillosa e intercalaciones de areniscas más consolidadas de la unidad de Mequinenza-Ballobar. En el mapa se han reflejado 4 de estas explotaciones (nºs 4, 5, 8 y 14). Su utilización debió ser como áridos naturales.

Por último cabe citar dos zonas con canteras de areniscas, abandonadas hace bastante tiempo en las proximidades de Alcañiz (nºs 7 y 10). Son areniscas pardas en bancos métricos de la unidad Mequinenza-Ballobar que debieron utilizarse como piedra de construcción.

***Minerales metálicos y no metálicos***

<b>Número</b>	<b>Coord. UTM X: Y:</b>	<b>Sustancia</b>	<b>Municipio (provincia)</b>	<b>Morfología y/o tipo</b>	<b>Mineralogía</b>	<b>Observaciones</b>
16	X: 737.390 Y: 4543.680	Yeso	Alcañiz (Teruel)	Estratiforme, nodular		Cantera abandonada



**Minerales energeticos y rocas industriales**

Número	Coord. UTM X: Y:	Sustancia	Municipio (provincia)	Morfología y/o tipo	Mineralogía	Observaciones
1	X: 259.550 Y: 4559.100	Grava y arena	Maella (Zaragoza)			Explotación con actividad intermitente. El material se utiliza para subbase de carretera. Son gravas y areniscas con matriz limosa.
2	X: 750.610 Y: 4558.295	Grava	Caspe (Zaragoza)			Ha tenido actividad reciente. El material se ha utilizado en la presa de Caspe. Son materiales de terraza escasamente clasificados.
3	X: 751.705 Y: 4558.310	Grava	Maella (Zaragoza)			Son materiales de terraza, explotados recientemente para la presa de Caspe. Son sedimentos escasamente clasificados.
4	X: 258.110 Y: 4553.800	Arena	Maella (Zaragoza)			Explotación de ladera, sin actividad. Posiblemente se utilizó el material como árido natural. Son arenas con pequeños niveles arcillosos.
5 (189)	X: 257.200 Y: 4550.050	Arena	Mazaleon (Teruel)			Cantera inactiva en ladera. El material se debió utilizar como árido natural. Son arenas con matriz limo-arcillosa y niveles de areniscas.
6 (194)	X: 736.850 Y: 4549.430	Arcilla	Alcañiz (Teruel)			Explotación abandonada, de geometría muy irregular de aproximadamente 80 x 100 m. Se debió utilizar en cerámica estructural.
7	X: 256.800 Y: 4549.600	Arena	Mazaleon (Teruel)			Conjunto de pequeñas explotaciones inactivas. Un posible uso sería como roca de construcción.
8	X: 256.800 Y: 4549.600	Arena	Mazaleon (Teruel)			Explotación sin actividad de arenas con intercalaciones de areniscas. Hacia el sur existen pequeños rascados de escasa importancia. El posible uso de este material sería como árido natural.
9	X: 740.205 Y: 4548.900	Grava	Alcañiz (Teruel)			Explotación con actividad extractiva actual. Son gravas de terraza con bastante matriz limo-arcillosa (zahorra) que se utiliza como árido natural directamente.

**Minerales energeticos y rocas industriales (continuación)**

Número	Coord. UTM X: Y:	Sustancia	Municipio (provincia)	Morfología y/o tipo	Mineralogía	Observaciones
10	X: 741.950 Y: 4548.550	Arenisca	Alcañiz (Teruel)			Cantera abandonada de areniscas pardas que posiblemente se usaron como roca de construcción.
11	X: 737.550 Y: 4547.200	Arcilla (Teruel)	Alcañiz			Explotación abandonada de arcillas rojas con intercalaciones de margas y areniscas. Se debió utilizar en cerámica estructural.
12 (192)	X: 740.100 Y: 4547.100	Grava y arena	Alcañiz (Teruel)			Explotación abandonada de materiales heterogéneos de terraza donde predomina las gravas. Su posible uso pudo ser como árido natural o de machaqueo.
13	X: 741.310 Y: 4547.685	Arena	Alcañiz (Teruel)			Explotación con actividad extractiva actual. Son materiales de terraza escasamente clasificados que se utilizan como áridos naturales directamente.
14	X: 258.200 Y: 4546.250	Arena	Mazaleon (Teruel)			Explotación abandonada de arenas con matriz limo-arcillosa que posiblemente se utilizó como árido natural.
15	X: 258.650 Y: 4545.150	Grava y arena	Mazaleon (Teruel)			Explotación en cauce de río con actividad intermitente. Sus probables usos son como áridos naturales o de machaqueo, aunque no tiene instalaciones de preparación «in situ».

## 5.2. HIDROGEOLOGÍA

### 5.2.1. Climatología-hidrogeología

El Instituto Nacional de Meteorología controla un total de cuatro estaciones en el ámbito de la Hoja:

Código estación	Denominación	Provincia	Tipo
9572	Alcañiz (La Estanca)	Teruel	P
9573	Alcañiz (Ayuntamiento)	Teruel	TP
9941	Mazaleón	Teruel	TP
9942	Maella	Zaragoza	TP

Tipo: P = Pluviométrica.  
TP = Termopluiométrica.

Estas estaciones llevan controlándose durante más de 30 años de manera casi continua. Según datos elaborados por la C.H. del Ebro, las precipitaciones y temperaturas medias para el periodo 1940-1984 son las siguientes:

#### *Estación 9573. Precipitaciones medias mensuales*

Mes	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
Media	39,6	27,2	32,8	23,7	19,1	28,7	32,7	45,9	33,0	20,0	24,6	42,4	369,7

#### *Estación 9942. Precipitaciones medias mensuales*

Mes	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
Media	52,1	33,6	39,9	27,8	20,9	34,3	40,1	50,1	32,5	17,7	20,7	43,0	412,7

#### *Estación 9573. Precipitaciones medias mensuales*

Mes	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
Media	15,4	9,8	6,3	5,5	7,3	10,3	13,2	16,4	21,3	24,7	24,1	21,2	14,6

#### *Estación 9941. Precipitaciones medias mensuales*

Mes	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
Media	17,9	11,9	8,2	7,5	9,3	12,2	15,1	18,2	23,5	27,3	26,9	23,7	16,8

Se puede observar como las épocas más lluviosas corresponden a la primavera y el otoño, con máximos en mayo y octubre. La precipitación total media es del orden de 350-400 mm. Existe una ligera tendencia hacia un aumento de la humedad en la parte oriental de la Hoja.

Las temperaturas muestran la distribución típica de valores máximos en la temporada estival (máximo en julio) y mínimos en diciembre y enero, con una diferencia entre ambas de 20 °C. La temperatura media oscila entre los 14,6 °C en Alcañiz, a los 16,8 de Mazaleón.

En cuanto a la zona climática a la que pertenece, se ha seguido la clasificación agroclimática de Papadakis que considera como características fundamentales del clima el régimen térmico y el régimen de humedad, traduciéndolos al tipo de cultivo que puede vegetar en estas condiciones.

De este modo, la mayor parte de la Hoja de Alcañiz presenta un tipo de clima mediterráneo continental, con invierno avena fresco y verano arroz. En una pequeña zona al NO se presenta clima mediterráneo templado, con invierno avena cálido y verano arroz. En el cuadrante NE se distingue un clima mediterráneo continental, con invierno avena cálido y verano algodón menos cálido. En todos los casos el régimen de humedad corresponde la mediterráneo seco.

La red hidrográfica principal está formada por los ríos Guadalope y Matarraña. El primero de ellos circula en sentido SO-NE, con un recorrido marcadamente meandriforme. El Matarraña atraviesa de sur a norte la parte oriental de la Hoja. No existen más cursos fluviales de carácter permanente, aunque se observa una denso entramado de barrancos tributarios a los ríos principales. Las directrices principales de estos «vales» son NO-SE, SE-NO y OSO-ENE.

La Confederación Hidrográfica del Ebro dispone de una estación de aforo en el río Guadalope a su paso por Alcañiz, codificada con el número 15. En este punto, además de los caudales circulantes, se controla la calidad del río mensualmente.

El Índice de Calidad General medio registrado en la estación 15 para el año hidrológico 1989-1990 fue de 77,4. Teniendo en cuenta que 100 supone una calidad óptima y 60 supone el límite de lo admisible, se puede considerar que las aguas del Guadalope en este punto presentan una calidad bastante buena, aunque con algún síntoma de deterioro. El aspecto habitual de las aguas es claro y solo ocasionalmente se ha detectado ligera turbiedad.

Otras estaciones de aforo controlan los canales de alimentación a la Estanca de Alcañiz a partir del río Guadalope (registro 432) y la acequia de Valmuel (438 y 439). También la C.H.E. cuenta con datos sobre la Estanca (registro 869) y el embalse de Caspe situado en el río Guadalope aguas abajo de Alcañiz. El principal aprovechamiento de estos embalses es el regadío, aunque también el de Caspe tiene funciones reguladoras.

Una característica singular que se extiende también en buena parte de la zona central de la depresión del Ebro son las formas endorreicas que se localizan al oeste de Alcañiz: Estanca de Alcañiz, Salada de la Jabonera de las Torrazas, Panocha, Salada Grande (situada en la hoja 29-18); o en la margen izquierda del embalse de Caspe. Salvo La Estanca que está acondicionada como embalse, el resto de lagunas presentan régimen estacional.

Su génesis viene condicionada por diversos factores (IBÁÑEZ, 1975):

— Topográfico-estructurales: la acusada horizontalidad de los depósitos terciarios que favorece el estancamiento de las aguas.

- Litológicos: los niveles arcillosos forman el sustrato impermeable que impide la infiltración, a lo que hay que añadir la existencia de redes de paleocanales superpuestas que interfieren entre sí y condicionan la formación de pequeñas cubetas aisladas por erosión (depressiones hidroélicas).
- Climáticos: la existencia de una marcada semiaridez producida por el efecto de sombra pluviométrica causada por los Pirineos y la Cordillera Ibérica que favorece la evaporación de las aguas.

Algunos autores señalan como hipótesis de su origen su relación con drenajes difusos de los niveles acuíferos liásicos de la Cordillera Ibérica a través de los materiales terciarios de baja permeabilidad (MARTÍNEZ GIL, F. J. *et al.*, 1988; SÁNCHEZ NAVARRO, J. A., 1990).

### 5.2.2. Inventario y usos del agua

El inventario total registrado en la Hoja consta de 12 puntos, cuya distribución por octantes figura en la siguiente tabla.

Octante	Manantiales	Número de puntos pozos	Sondeos	Total
1	1			1
2				
3				
4		1	1	2
5	6	2	1	9
6				
7				
8				
Total	7	3	2	12

La aridez de la zona, la baja densidad de población y la escasez de recursos de agua subterránea son factores que se interrelacionan y motivan el limitado aprovechamiento de estas aguas.

La mayoría de los puntos inventariados se sitúan sobre los materiales cuaternarios que presentan mayor permeabilidad, además de que sus recursos pueden ser más elevados debido a la recarga inducida por los retornos de regadío y la infiltración de los cursos superficiales.

### 5.2.3. Caracterización hidrogeológica

#### *Materiales terciarios*

La Hoja de Alcañiz está constituida en su mayor parte por sedimentos terciarios, fundamentalmente detríticos, con escasas intercalaciones carbonáticas.

Estas formaciones terciarias no tienen mucha importancia desde el punto de vista hidrogeológico debido a su litología esencialmente lutítico-arenosa. Únicamente se pueden reseñar con algún tipo de interés los niveles conglomeráticos y calizos, pero su pequeña extensión y potencia limita mucho su posible aprovechamiento.

El funcionamiento hidrogeológico de los materiales terciarios de la cuenca del Ebro se suele asimilar a un conjunto de baja permeabilidad. La alternancia de horizontes de cierta permeabilidad con capas prácticamente impermeables implica una marcada anisotropía en la vertical. El nivel piezométrico se sitúa próximo a la superficie topográfica y adaptado a la misma.

### *Depósitos cuaternarios*

Consisten en los distintos niveles de terrazas de los ríos Guadalupe y Matarraña, fondos de valle «vales», coluviones, etc. Los más importantes, en cuanto a extensión y recursos que pueden albergar, son los depósitos fluviales, en especial los asociados al río Guadalupe.

Por sus características litológicas tienen permeabilidad media, pero su reducida extensión superficial y espesor hacen que los recursos subterráneos sean muy limitados y capaces de atender demandas puntuales. Los depósitos de los ríos se recargan de manera importante por los retornos de regadío y, en la parte de la llanura aluvial por el propio río.

El contraste de permeabilidades que existe respecto a los materiales terciarios se manifiesta en la existencia de manantiales que surgen en el contacto entre las terrazas, donde puede aflorar un estrecho «cordón» del sustrato y que desconecta cada nivel de terrazas.

No se dispone de datos analíticos sobre las aguas subterráneas, aunque según se ha observado en zonas cercanas, es previsible que muestren una alta mineralización.

## 5.3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES

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

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

**ÁREA I:** Comprende los depósitos terciarios con predominio de facies arenosas y margoso carbonatadas que no constituyen relieves de importancia.

Dentro de este área podemos distinguir las siguientes zonas:

**Zona I<sub>1</sub>:** a ella pertenecen las unidades cartográficas (2), (3), (4), (5), (7), (8), (10) y (12).

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

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

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

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

**Zona I<sub>2</sub>:** a ella pertenecen la unidades cartográfica (6).

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

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

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

**Zona I<sub>3</sub>:** a ella pertenecen las unidades cartográficas (9) y (11).

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

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

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

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

**Zona I<sub>4</sub>:** a ella pertenece la unidad cartográfica (1).

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

Está formada por lutitas con intercalaciones de areniscas y calizas, con yeso nodular disperso en las masas arcillosas, y conglomerados en los tramos basales.

Es una zona compuesta por capas con buzamientos inferiores a los 20°, prácticamente ripable en su totalidad.

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

**ZONA II:** comprende los depósitos cuaternarios, formados por gravas, arenas, limos y arcillas, generalmente.

Se han distinguido las siguientes zonas:

**Zona II<sub>1</sub>:** está formada por las unidades cartográficas (13), (14), (15) y (16).

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

Presentan morfología de Terrazas.

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

Los taludes se mantienen prácticamente verticales.

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

**Zona II<sub>2</sub>:** está formada por la unidad cartográfica (18).

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

Estos materiales presentan la estructura típica tipo coluvión.

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

La ripabilidad es alta, mientras que la permeabilidad es muy baja y puede presentar problemas de aterramientos locales.

**Zona II<sub>3</sub>:** está formada por la unidad cartográfica (17).

Está constituida por limos, arcillas, arenas y gravas.



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

La ripabilidad de estos depósitos es alta y la permeabilidad del conjunto es de media a alta y no presenta problemas de drenaje. Los taludes naturales son por lo general bajos.

**Zona II<sub>4</sub>:** está formada por la unidad cartográfica (19).

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

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

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

**Zona II<sub>5</sub>:** está formada por las unidades cartográficas (29) y (21).

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

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

Los taludes naturales son por lo general bajos.

**Cuadro resumen de las características geotécnicas de los materiales de la hoja de Alcañiz**

Área	Zonas	Unidades cartográficas	Litología
I	I <sub>1</sub>	(2), (3), (4), (5), (7), (8), (10) y (12)	Arcillas con paleocanales de areniscas.
	I <sub>2</sub>	(6)	Calizas con intercalaciones de margas.
	I <sub>3</sub>	(9) y (11)	Areniscas con intercalaciones de conglomerados y arcillas.
	II <sub>4</sub>	(1)	Lutitas con intercalaciones de areniscas, calizas, conglomerados y yesos.
II	II <sub>1</sub>	(13), (14), (15) y (16)	Bloques y cantos redondeados y arenas.
	II <sub>2</sub>	(18)	Cantos y gravas en matriz limo-arcillosa.
	II <sub>3</sub>	(17)	Limos, arcillas, arenas y gravas.
	II <sub>4</sub>	(19)	Arcillas y limos.
	II <sub>5</sub>	(20) y (21)	Arenas, limos, arcillas y gravas.

## 6. PATRIMONIO NATURAL GEOLÓGICO. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO (PIG)

La hoja de Alcañiz se sitúa en un sector de la Cuenca del Ebro muy monótono tanto desde el punto de vista estratigráfico como litológico, con dominio casi absoluto de las facies detríticas arenosas oligocenas de ambiente aluvial medio distal.

De este modo, los puntos seleccionados como PIG en cada hoja de este sector deben entenderse en este contexto y a la escala de trabajo. El único rasgo que se aleja de las características de esta zona es la estructura tectónica de Puigmoreno y Maella.

Con el conocimiento previo de la geología de la hoja de Alcañiz y de su importancia dentro del sector meridional de la Cuenca del Ebro se ha establecido una selección de posibles PIG

Estructura	Características geotécnicas
Capas subhorizontales.	Formación fácilmente ripable a excepción de los bancos potentes de canales amalgamados. Drenaje superficial y profundo deficiente. Estabilidad en desmontes deficiente.
Disposición subhorizontal.	Materiales de ripabilidad elevada. Deficiente drenaje tanto en profundidad como superficial.
Capas subhorizontales.	No ripables en las zonas en que los tramos conglomeráticos están muy cementados. Drenaje profundo deficiente, capacidad de carga elevada.
Capas con buzamientos inferiores a los 20°	Formación ripable. Drenaje profundo deficiente, con riesgos de encharcamiento. La presencia de yeso puede aumentar la agresividad a los hormigones.
Morfología de terrazas.	Formación ripable. Materiales aptos para la obtención de gravas y préstamos. Admite taludes prácticamente verticales. Elevada permeabilidad.
Coluviones.	Taludes inestables. Ripabilidad elevada. Permeabilidad muy baja.
Relleno de cauces poco potentes.	Ripabilidad elevada. Permeabilidad de media a alta. No presenta problemas de drenaje. Los taludes naturales son por lo general bajos.
Zonas endorreicas.	Zona inundable y con mal drenaje superficial. Puede presentar problemas de asentamientos y de agresividad a los hormigones.
Relleno de pequeños cauces fluviales.	Formación ripable. Permeabilidad media a alta, no presentando problemas de drenaje. Taludes naturales bajos.

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

De esta primera selección se han escogido un total de 4 PIG, dos de ellos con carácter tectónico y los otros dos con interés sedimentológico y geomorfológico. La utilización que se propone para ellos es fundamentalmente científica y didáctica y su importancia se considera local.

Se han seleccionado por considerarlos los más representativos de la hoja y los que mejor ilustran el sector meridional de la Cuenca del Ebro. A continuación se describen brevemente.

- PIG núm. 2:** Las saladas de Alcañiz son uno de los rasgos más característicos de este sector. Forman parte de un extenso sistema endorreico o de drenaje difuso que se desarrolló en la parte meridional de Los Monegros. Se trata de unos humedales desarrollados en una región de clima eminentemente semiárido que se inundan esporádicamente y contienen gran concentración de sales. Estas condiciones extremas hacen que se desarrolle una fauna y flora endémicas y que en los periodos secos se observe una fina costra de sales en el fondo.
- PIG núm. 3:** Los paleocanales terciarios exhumados de la zona de Alcañiz y Caspe dan lugar a morfologías acintadas observables en numerosos puntos y que caracterizan el paisaje de la región. Los paleocanales cortados por las carreteras o líneas férreas proporcionan también unos buenos lugares para observar la geometría interna de estos cuerpos arenosos y sus estructuras sedimentarias.
- PIG núm. 5:** La estructura cabalgante de Puigmoreno, aunque situada en su mayor parte en la hoja de Albalate del Arzobispo; influye notoriamente en la personalidad de la hoja de Alcañiz, y merece una mención especial. El Paleozoico, con el Paleoceno discordante, cabalga sobre él hacia el norte en una estructura compleja que, consta, al menos, de 3 escamas. Esta estructura afecta a gran parte de la serie terciaria, desde el Eoceno, que forma apretados pliegues, al Oligoceno superior, discordante claramente sobre el Eoceno y menos plegado que aquél, dando lugar a una discordancia progresiva en la que las capas más altas, ya miocenas, se encuentran muy poco afectadas.
- PIG núm. 7:** La estructura de Maella es una curiosa flexura que consiste en una simple flexión hacia el sur de las capas oligocenas, subhorizontales en la zona, hasta adquirir buzamientos superiores a los 30°. Esta inflexión se realiza en una banda muy estrecha (normalmente inferior a 500 m) y las capas vuelven a recuperar su posición original, dando lugar a una geometría que recuerda a un «escalón» que tuvieron que salvar los estratos. Sin embargo, la longitud de esta estructura es sorprendente, ya que atraviesa la totalidad de la hoja de Alcañiz de oeste a este y se interna con largueza en la hoja de Gadesa. Por el oeste desaparece al interferir con la estructura de Puigmoreno, que presenta similar orientación, por lo cual no parece descabellado que ambas estructuras se encuentren íntimamente relacionadas. Al igual que la estructura de Puigmoreno, parece afectar con mayor intensidad a los estratos más antiguos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- AGUSTI, J., ANADON, P., ARBIOL, S. y CABRERA, L. (1983-84): «Biozonación mediante Roedores (Mammalia) del tránsito Oligoceno-Mioceno en el sector sureste de la Cuenca del Ebro». *Paleontología i Evolució*, n.º XVIII, pp. 131-149.
- AGUSTI, J., ANADON, P., ARBIOL, S., CABRERA, L., COLOMBO, F. y SÁEZ, A. (1987): «Biostratigraphical characteristics of the Oligocene sequences of North-Eastern Spain (Ebro and Campins Basins)». *Münchner Geowiss, Abh, (A)*, 10, 35-42, 2 figs.

- AGUSTI, J., CABRERA, L., ANADON, P. y ARBIOL, S. (1988): «A Late Oligocene-Early Miocene rodent biozonation from the SE Ebro Basin (NE Spain). A potential mammal stage stratotype». *Newsl. Stratigr.*, 18 (2) pp. 81-97, 5 fig. Berlin-Stuttgart.
- ALBERTO, F., GUTIÉRREZ, M., IBÁÑEZ, M. J., MACHIN, J., PEÑA, J. L., POCOVÍ, A. y RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1984): «El Cuaternario de la Depresión del Ebro en la región aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes». Univ. de Zaragoza. Estación Experimental de Aula Dei, Zaragoza, 217, pp. 2 mapas.
- ANADON, P. (1978): «El Paleógeno continental anterior a la transgresión Biarritzense (Eoceno medio) entre los ríos Gaiá y Ripoll (provs. de Tarragona y Barcelona)». *Est. Geol.*, vol. 34, pp. 341-440.
- ANADON, P., COLOMBO, F., ESTEBAN, M., MARZO, M., ROBLES, S., SANTANACH, P. y SOLE SUGRAÑES, L. (1979): «Evolución tectonoestratigráfica de los Catalánides». *Acta Geol. Hispánica.*, 14: 242-270.
- ANADON, P., CABRERA, L., COLOMBO, F., MARZO, M. y RIBA, O. (1986a): «Syntectonic intradeformational unconformities in alluvial fan deposits. Eastern Ebro Basin margins (NE Spain)». In: Ph. Allen and P. Homewood (eds.). *Foreland basins.*, Spec. Publ. I.A.S., 8: 33-45.
- ANADON, P., CABRERA, L., GUIMERA, J., y SANTANACH, P. (1986b): «Paleogene strike-slip deformation and sedimentation along the Southeastern margin of the Ebro basin». *The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, spec. publ. 37, pp. 303-318. Tulsa.
- ANADON, P., VIANEY-LIAUD, M., CABRERA, L. y HARTENBERGER, J. L. (1987): «Gisements à vertébrés du Paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie». *Paleontología i Evolució*, T.21, pp. 117-131.
- ANADON, P., CABRERA, L. L., COLLDEFORNIS, B. y SÁEZ, A. (1989): «Los Sistemas Lacustres del Eoceno Superior y Oligoceno del sector oriental de la Cuenca del Ebro». *Acta geológica Hispánica*, v. 24, n.º 314, pp. 205-230.
- ARLEGUI, L. (1992): «Métodos de investigación aplicables a diaclasas. Ejemplos de Los Monegros, Cuenca del Ebro». *III. Congr. Geol. España*. Salamanca. Actas t.1, pp. 259-263.
- CABRERA, L. (1983): «Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Oligo-Mioceno del SE de la Cuenca del Ebro». Tesis doctoral, Univ. Barcelona, 443 pp.
- CABRERA, L., COLOMBO, F. y ROBLES, S. (1985): «Sedimentation and tectonics interrelationships in the Paleogene marginal alluvial system of the S.E. Ebro Basin. Transition from alluvial to shallow lacustrine environments». *6th European Regional Meeting Excursion guidebook*, Lleida, 1985. M. D. MILA y J. ROSELL eds. *Excursion*, n.º 10, pp. 393-492.
- CABRERA, L. y COLOMBO, F. (1986): «Las secuencias de abanicos aluviales paleógenos del Montsant y su tránsito a sucesiones lacustres someras (sistemas de Scala Dei y de Los Monegros, sector SE de la Cuenca del Ebro)». *XI Congreso Español de Sedimentología*, Barcelona. Guía de las Excursiones.

- CASAS, A. y BENITO, G. (1988): «Deformaciones cuaternarias debidas a procesos diapíricos en la Depresión del Ebro (prov. de Zaragoza, Navarra y La Rioja)». // *Congreso Geol. de España, Granada. Comunicaciones*, vol. 1, pp. 375-378.
- CASAS, A. M. (1988): «El estado de esfuerzos durante el Terciario en la Depresión de Arnedo (La Rioja)». *Acta Geol. Hisp.*, 23 (3), pp. 223-231.
- CLAVER, I., ANGUILO, M., ARAMBURU, M. P., AYUSO, E., BLANCO, A., CALATAYUD, T., CEÑAL, M. A., CIFUENTES, P., ESCRIBANO, R., FRANCES, E., GLARIA, G., GONZÁLEZ, S., LACOMA, E., MUÑOZ, C., ORTEGA, C., OTERO, S., RAMO, A. y SAIZ DE OMEÑALA, M. G. (1984): «Guías para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología». *Manuales CEOTMA*, n.º 3, MOPU, Madrid, 572 p.
- COLOMBO, F. (1980): «Estratigrafía y sedimentología del Terciario inferior continental de los Catalánides». Tesis doc. Univ. de Barcelona, 608 pp. Inédito.
- COLOMBO, F. (1986): «Estratigrafía y Sedimentología del Paleógeno continental del borde meridional occidental de los Catalánides (Provincia de Tarragona, España)». *Cuadernos de Geología Ibérica*, Vol. 10, pp. 55-115. Madrid.
- COLOMBO, F. y VERGES, J. (1991): «Discordancias progresivas en el margen SE de la Cuenca del Ebro: implicaciones sedimentarias y tectónicas. Serra de la Llena (Tarragona)». *I Congreso Grupo Español del Terciario*, Vic. 1991. Comunicaciones, pp. 84-90.
- CRUSAFONT, M. y TRUYOLS, J. (1964): «Les Mammifères fossiles dans la stratigraphie du Paléogène continental du Basin de l'Ebre (Espagne)». Coll. sur le Paléogène (Bordeux, 1969). *Mem. Bur. Rech. Geol. Min.*, 28.
- CRUSAFONT, M., RIBA, O. y VILLENA, J. (1966): «Nota preliminar sobre un nuevo yacimiento de vertebrados aquitanienses en Santa Cilia (Río Formiga; provincia de Huesca) y sus consecuencias geológicas». *Notas y Comuns. IGME*, n.º 83, pp. 7-14.
- CRUSAFONT, M. y PONS, J. M. (1969): «Nuevos datos sobre el Aquitaniense del norte de la provincia de Huesca». *Acta Geológica Hispánica*, 4(5), pp. 124-125.
- CUENCA, G., DAAMS, R., FREUDENTHAL, M., GABALDÓN, V., LACOMBA, J. L., LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., SACRISTÁN, M. A. y VEGA, C. (1983): «La sucesión de micromamíferos en el Mioceno inferior de España. El proyecto "Ramblense"». *Publ. del Dep. de Paleontología de la Univ. Compl. de Madrid*, pp. 7-12.
- CUENCA, G., AZANZA, B., CANUDO, J. I. y FUERTES, V. (1989): «Los micromamíferos del Mioceno inferior de Peñalba (Huesca). Implicaciones bioestratigráficas». *Geogaceta*, n.º 6, pp. 75-77.
- CUENCA, G. (1991a): «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. (1991b): «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.

- DAAMS, R. y VAN DER MEULEN, A. J. (1983): «Paleoecological interpretation of micromammal faunal successions in the Upper Oligocene and Miocene of Spain». Mediterranean Neogene continental paleoenvironments and paleoclimatic evolution. *RCMNS. Interrim. Colloquium*, Montpellier.
- DANTIN, J. (1942): «Distribución y extensión del endorreísmo aragonés». *Est. Geogr.*, 3, 505-595, Madrid.
- DEAN, W. E. y FOUCH, T. D. (1983): «Lacustrine». Carbonate depositional environments. Scholte, P. A., Bebout, D. G. y Moore, C. M. editores. *AAPG*. Tulsa, pp. 97-131.
- DÍAZ, M., ANADON, P. y DABRIO, C. J. «Ciclo de seminarios de sedimentología». Vol. 1, *I.G.M.E.*, pp. 194.
- ELÍAS CASTILLO, F. y RUIZ BELTRAN, L. (1973): «Clasificación agroclimática de España». *Servicio Meteorológico Nacional*.
- ENADIMSA (1975-1976): «Área lignítifera y uranífera de Mequinenza». III volúmenes. Inédito.
- FERRER (1971): «El Paleoceno y el Eoceno del borde sur-oriental de la Depresión del Ebro (Cataluña)». *Mem. Suiss. Paleontol.*, 90, 70 p. Basilea.
- FOUCH, T. D. y DEAN, W. E. (1982): «Lacustrine Environments». Sandstone depositional environments, Scholte, P. A. y Spearing, D. editores. *AAPG*. Tulsa, pp. 49-86.
- GALLART GALLEGO, F. (1977): «Los glaciares: problemas de nomenclatura, clasificación y génesis (Estudio Bibliográfico)». *Acta Geológica Hispánica*, T. XII, M 1/3, pp. 12-17.
- GRACIA PRIETO, J., GUTIÉRREZ ELORZA, M. y SANCHO MARCEN, C. (1985): «Las etapas terminales del Neógeno-Cuaternario de la Depresión del Ebro en la Plana Negra (provs. de Zaragoza y Navarra). Consideraciones morfo-genéticas». *Actas de la I Reunión do Cuaternario Iberico*. Lisboa, pp. 367-379.
- GRACIA PRIETO, J. F. y SIMÓN GÓMEZ, J. L. (1986): «El campo de fallas miocenas de la Bárdena Negra (provs. de Navarra y Zaragoza)». *Boletín Geológico y Minero*, T. XCVII-VI, pp. 693-703.
- GUIMERA, J. (1984): «Paleogene evolution of deformation in the Northeastern Iberian Peninsula». *Geol. Mag.*, 121 (5), pp. 413-420.
- GUIMERA, J. y ALVARO, M. (1990): «Structure et évolution de la compression alpine dans la Chaîne ibérique et la Chaîne côtière catalane (Espagne)». *Bull. Soc. Géol. France*, 1990, nº 2, pp. 339-348.
- GUTIÉRREZ, M. e IBÁÑEZ, M. J. (1979): «Las "gnammas" de la región de Alcañiz». *Estudios Geológicos*, vol. 35, pp. 193-198, Madrid.
- GUTIÉRREZ, M., MELÉNDEZ, A. y SORIANO, A. (1982): «Las series terminales neógenas en el sector

- centromeridional de la Depresión del Ebro y su relación con la morfogénesis». *Boletín Geológico y Minero*, T. XCIII-VI, pp. 465-469.
- GUTIÉRREZ, M., SIÓN, J. L. y SORIANO, A. (1986): «Algunos aspectos de la tectónica neógeno y cuaternaria en el sector central de la Depresión del Ebro». *Boletín Geológico y Minero*, T. XCVIII-I, pp. 9-21.
- GUTIÉRREZ, M., RODRÍGUEZ, J. y BENITO, G. (1988): «Piping in badlands areas of the middle Ebro Basin». *Catena Supplement*, 13, 49-60.
- HIRST, J. P. P. (1983): «Oligo-Miocene Alluvial Systems in the Northern Ebro Basin, Huesca Province, Spain». Tesis Doctoral Univ. Cambridge, 247 pp.
- HIRST, J. P. P. y NICHOLS, G. J. (1986): «Thrust tectonic controls on Miocene alluvial distribution patterns, southern Pyrenees». *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment*, 8, pp. 247-258.
- I.A.S. (1978): «Modern and Ancient Lake Sediments». Special publication n.º 2. Matter, A. y Tucker, M.E. editores. *Blackwell Scientific Publications*.
- I.A.S. (1988): «Lacustrine facies models in rift systems and related natural resources». Abstracts. *Inst. de geología «Jaume Almera», C.S.I.C., Barcelona*.
- IBÁÑEZ, M.J. (1973): «Contribución al estudio del endorreísmo de la Depresión del Ebro. El foco endorreico al W y SW. de Alcañiz (Teruel)». *Geographica*, 2.ª época. año XV, n.º 1, pp. 21-33. Madrid.
- IBÁÑEZ, M. J. (1975): «El endorreísmo del sector central de la Depresión del Ebro». *Cuad. Inv. Geogr.*, T. I, pp. 35-48.
- IBÁÑEZ, M. J. (1976): «El piedemonte ibérico bajo-aragonés. Estudio geomorfológico». C.S.I.C., Madrid, 523 p.
- IBÁÑEZ, M. J. y MENSUA, S. (1976): «Contribución al estudio de vertiente en condiciones semiáridas. Tipos de vertientes sobre yesos en el valle del Ebro». *Bol. R. Soc. Geográfica*, T. CXII, pp. 381-394. Madrid.
- IBÁÑEZ, M. J. y MENSUA, S. (1977): «Los valles asimétricos de la orilla derecha del Ebro». *II Reunión Nac. del Grupo Español de Trab. del Cuatern. Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, 6, pp. 113-122.
- ITGE (1977): «Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. Hoja n.º 494 (Calanda)». Serv. Publ. Minist. Ind. y Energía Madrid. 35 pp.
- ITGE (1977): «Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. Hoja n.º 495 (Castelserás)». Serv. Publ. Minist. Ind. y Energía Madrid. 16 pp.
- ITGE (1981): «Mapa Geológico de España. E. 1:200.000. Hoja n.º 41 (Tortosa)». Serv. Publ. Minist. Ind. y Energía Madrid. 45 pp.



- ITGE (1981): «Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. Hoja n.º 468 (Albalate del Arzobispo)». Serv. Publ. Minist. Ind. y Energía Madrid. 23 pp.
- LLÓPEZ-MARTÍNEZ, N., AGUSTI, J., CABRERA, L., CALVO, J. P., CIVIS, J., CORROCHANO, A., DAAMS, R., DÍAZ, M., ELIZAGA, E., ROBLES, F., SANTISTEBAN, C. y TORRES, T. (1987): «Approach to the Spanish continental Neogene synthesis and palaeoclimatic interpretation». *Ann. Inst. Geol. Publ. Hung.*, vol. LXX, pp. 383-391. Budapest.
- LLAMAS, R. (1962): «Estudio geológico-geotécnico de los terrenos yesíferos de la cuenca del Ebro y los problemas que plantean en los canales». *Bol. Serv. Geol. Obras Públicas*, 12, 192 p. Madrid.
- LLÓPIS, N. (1946): «Los movimientos corticales intracuaternarios del NE de España». *Estudios Geológicos*, T. II, pp. 181-236.
- MACIAS, I., DÍAZ MOLINA, M., ESTRADA, R. y RAMPONE, G. (1986-87): «Facies de abanico fluvial en los afloramientos orientales de la Formación Peraltilla». *Acta Geológica Hispánica*, T. 21-22, pp. 19-26.
- M.A.P.A. (1986): *Atlas Agroclimático de España*.
- MARÍN, A. (1945): «La Depresión del Ebro. La tectónica y los yacimientos minerales». *Boletín del IGME*, T. LVII, p. 9-57.
- MEIN, P. (1975): «Report on Activity». *RCMNS Working groups*. Bratislava, pp. 78-81.
- MENSUA, S. e IBÁÑEZ, M. J. (1977): «Terrazas y Glacis del Centro de la Depresión del Ebro». *III Reunión Nacional Grupo Trabajo Cuaternario*, Zaragoza, pp. 3-18, 5 mapas enrollados.
- MEY, P. H. W., NAGTEGAAL, P. J. C., ROBERTI, K. J. y HARTEVELT, J. J. A. (1968): «Lithostratigraphic subdivision of post-Hercynian deposits in the South Central Pyrenees, Spain». *Leidse Geol. Meded.*, 41, pp. 221-228.
- MITCHUM, R. M., VAIL, P. R. y THOMSON, S. (1977): «Seismic stratigraphy and global changes of sea level., Part 1: Glossary of terms used in seismic stratigraphy, in C.E. Payton, ed., Seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration». *AAPG. Memoir*, 26, pp. 205-212.
- MUÑOZ, A. (1992): «Análisis tectosedimentario del Terciario del sector occidental de la Cuenca del Ebro (Comunidad de La Rioja)». Tesis Doctoral Univ. Zaragoza. Inst. Est. Riojanos. Logroño, 347 pp.
- NICHOLS, G. J. (1984): «Thrust tectonics and alluvial sedimentation, Aragon, Spain». Tesis Doctoral Univ. Cambridge, 243 p.
- NICHOLS, G. J. (1987): «The Structure and Stratigraphy of the Western External Sierras of the Pyrenees, Northern Spain». *Geological Journal*, vol. 22.

- NILSEN, T. M. (1982): «Aluvial Fan Deposits. Sandstone depositional environments», Scholle, P. A. y Spearing, D. editores. AAPG. Tulsa, pp. 49-86.
- ORTI, F., SALVANY, J. M., ROSELL, L., PUEYO, J. J. y INGLES, M. (1986): «Evaporitas antiguas (Navarra) y actuales (Los Monegros) de la Cuenca del Ebro». *XI Congreso Español de Sedimentología*, Barcelona. Guía de las Excursiones.
- ORTI, F., ROSELL, L., SALVANY, J. M., PERMANYER, A. y GARCÍA VEIGAS, J. (1989): «Sedimentología y diagénesis como criterios de prospección de recursos en el Terciario evaporítico de la Cuenca del Ebro». *XII Congreso Español de Sedimentología*, Bilbao, Simposios, pp. 253-262.
- PEÑA MONNE, J. L. (1983): «La Conca de Tremp y Sierras Prepirenaicas comprendidas entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana». *Estudio Geomorfológico*. Instituto de Estudios Ilerdienses. Lérida, p. 373.
- PEÑA, J. L., GUTIÉRREZ, M., IBÁÑEZ, M. J., LOZANO, M. V., RODRÍGUEZ, J., SÁNCHEZ, M., SIMÓN, J. L., SORIANO, M. A. y VETANO, L. (1984): «Geomorfología de la Provincia de Teruel». Instituto de Estudios Turolenses. Excma. Diputación Provincial. Teruel, 149 pp.
- PÉREZ, A., AZANZA, B., CUENCA, G., PARDO, G. y VILLENA, J. (1985): «Nuevos datos estratigráficos y paleontológicos sobre el Terciario del borde meridional de la Depresión del Ebro (provincia de Zaragoza)». *Estudios geológicos*, 41, pp. 405-411.
- PÉREZ, A., VILLENA, J. y PARDO, G. (1986-87): «Presencia de estratificación cruzada hummocky en depósitos lacustres del Terciario de la Depresión del Ebro». *Acta Geológica Hispánica*, T. 21-22, pp. 27-33.
- 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. Sánchez eds. *Sistemas lacustres neógenos del margen ibérico de la Cuenca del Ebro*. Guía Campo III. Reunión Grupo Especial de Trabajo. PICG 219: 7-20.
- PÉREZ DEL CAMPO, P. y LANZAROTE, A. (1988): «La problemática de los «colapsos kársticos» en las infraestructuras de la Depresión del Ebro». *II Congr. Geol. de España, Granada. Comunicaciones*, vol. 2, pp. 333-336.
- PUEYO, J. J. (1978): «La precipitación evaporítica actual en las lagunas saladas del área de Bujaraloz, Sástago, Caspe, Alcañiz y Calanda (Prov. de Zaragoza y Teruel)». *Rev. Inst. Inv. Geol.*, Diput. Prov. de Barcelona, vol. 33. Barcelona.
- PUEYO, J. J. (1980a): «La sedimentación evaporítica actual en las lagunas de Bujaraloz-Alcañiz (Provincias de Zaragoza y Teruel)». *IX Congr. Nac. Sedimentología*, Salamanca, 1980, pp. 299-316.
- PUEYO, J. J. (1980b): «Procesos diagenéticos observados en las lagunas tipo playa de la zona Bujaraloz-Alcañiz (provincias de Zaragoza y Teruel)». *Rev. del Inst. de Investigaciones Geológicas*, Diput. Provincial. Univ. de Barcelona, vol. 34-1980 (195-207).

- PUEYO, J. J. e INGLES, M. (1986): «Mineralogía del sustrato, composición de la salmuera intersticial y procesos diagenéticos en las playas de Los Monegros y Bajo Aragón». *XI Congreso Español de Sedimentología*, Barcelona, p. 138.
- PUIGDEFABREGAS, C., MUÑOZ, J. A. y MARZO, M. (1986): «Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequence in the southern foreland basins». *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.*, 8, pp. 229-246.
- QUIRANTES, J. (1965): «Nota sobre las lagunas de Bujaraloz-Sástago». *Geographica*, año 12, pp. 30-34, Zaragoza.
- QUIRANTES, J. (1966): «Estudio sedimentológico de las calizas del Terciario continental del Ebro». *Mem. y Com. de la IV Reun. Grupo Español de Sed.*, Oviedo, t. III, pp. 109-115.
- QUIRANTES, J. (1969): «Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros». Tesis Doctoral Univ. Granada. Institución «Fernando El Católico» (CSIC), Diputación Provincial de Zaragoza, 1978. 200 p.
- QUIRANTES, J. (1971): «Las calizas en el Terciario Continental de Los Monegros». *Estudios Geológicos*, vol. XXVII (4), pp. 355-362.
- RAMÍREZ, J. I., OLIVE, A. y PASCUAL, H. (1992): «Evidencias geomorfológicas de la existencia de actividad neotectónica durante el Pleistoceno en un sector de la zona central de la Cuenca del Ebro». En López, F., Conesa, C. y Romero, M. A. (eds.). *Estudios de Geomorfología en España*, tomo II, pp. 643-651. Sociedad Española de Geomorfología.
- RIBA, O. (1967): «Resultado de un estudio sobre el Terciario continental de la parte este de la depresión central catalana». *Acta Geológica Hispánica*, CSIC, n.º 1, pp. 1-6.
- RIBA, O., VILLENNA, J. y QUIRANTES, J. (1967): «Nota preliminar sobre la sedimentación en paleocanales terciarios de la zona Caspe-Chiprana». *Anales de Edafología y Agrobiología*, CSIC, T. 26, núm. 1-14, Madrid, pp. 617-637.
- RIBA, O. (1973): «Las discordancias sintectónicas del Alto Cardener (prepirineo catalán); ensayo de interpretación evolutiva». *Acta Geológica Hispánica*, T-VIII, n.º 3, pp. 90-99.
- RIBA, O., REGUANT, S., COLOMBO, F., BUSQUETS, P., VILAPLANA, M., ANADON, P., MARZO, M., RAMÍREZ, A., PUEYO, J. J. y WILLIAMS, R. (1975): «Le Bassin Tertiaire Catalan Espagnol et les gisements de potasse». *IX Comp. Int. Séd. Excursión Guidebook*, 84 pp.
- RIBA, O. (1976): «Tectogenèse et sédimentation: deux modèles de discordances syntectoniques pyrénéennes». *Bulletin du B.K.G.M.* (2.ª Serie). Section 1, n.º 4, pp. 383-401, 12 figs.
- RIBA, O. (1983): «La Cuenca del Ebro. Evolución geológica postalpina y neotectónica». *Libro Jubilar J. M.ª Ríos, Geología de España*, T. 2, tema IV.1.3, p. 921, I.G.M.E.
- RIBA ARDERIU, O., REGUANT SERRA, S. y VILLENNA MORALES, J. (1983): «Ensayo de síntesis estratigrá-

- fica y evolutiva de la cuenca terciaria del Ebro». *Libro Jubilar J. M.<sup>a</sup> Ríos. Geología de España*, T.2, I.G.M.E., pp. 131-159.
- RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1983): «Geomorfología de las Sierras Exteriores Oscenses y su piedemonte». Tesis Doctoral Univ. Zaragoza, 493 p., *Colección de Estudios Altoaragoneses*, 4, 172 p.
- RODRÍGUEZ VIDAL, J. y VILCHEZ, J. (1984): «Precisiones cronológicas sobre las terrazas inferiores del río Ebro en Zaragoza». *I Congr. Esp. de Geología*, Segovia, T.1, pp. 553-559.
- ROSELL, J., JULIA, R., y FERRER, J. (1966): «Nota sobre la estratigrafía de unos niveles con carofitas existentes en el tramo rojo de la base del Eoceno, al S de los Catalánides (provincia de Barcelona)». *Act. Geol. Hisp.*, t. I, n.º 1, p. 17-20.
- ROYO y GÓMEZ, J. (1926): «Tectónica del Terciario continental ibérico». *Comptes Rendus del XIV Congr. Geol. Int. España*. T. II, pp. 593-623.
- SÁEZ, A. y PUEYO, J. J. (1986): «Depósitos de playa-lake en el tránsito Eoceno-Oligoceno de la Cuenca del Ebro». *XI Congreso Español de Sedimentología*, Barcelona, pp. 156.
- SÁEZ, A. (1987): «Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Eoceno-Oligoceno del NE de la Cuenca del Ebro». Tesis doctoral Univ. Barcelona, 2 tomos.
- SANZ DE GALDEANO, C. (1990): «La prolongación hacia el sur de las fosas y desgarres del norte y centro de Europa: una propuesta de interpretación». *Rev. Soc. Geol. España*, 3, (1-2), pp. 231-241.
- SCHMIDT-KITTLER, N. (1987): «European reference levels and correlation tables. International Symposium on Mammalian Biostratigraphy and Paleogeology of the European Paleogene». Mainz, February 18 th. 21 st 1987. Münchner. *Geowiss. Abk. (A)*, 10: 15-19.
- SIMÓN, J. L. y PARICIO, J. (1988): «Sobre la compresión neógena en la Cordillera Ibérica». *Estudios Geológicos*, 44, pp. 271-283.
- SIMÓN, J. L., GIL PEÑA, I. y CASAS, A. (1989): «La fracturación distensiva cuaternaria en el sector occidental de la Cuenca del Ebro». *II Reunión Cuaternario Ibérico*, Madrid, Resúmenes, pp. 56.
- SIMÓN, J.L. (1989): «Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin (Spain)». *Journal of Structural Geology*, vol. 11, n.º 3, pp. 285-294.
- SOLE SABARIS, L. (1953): «Terrazas cuaternarias deformadas de la Cuenca del Ebro». *Mem. R. Acad. Ciencias y Artes*, Barcelona, vol. XXXI, n.º 7, pp. 237-259.
- TORRAS, A. y RIBA, O. (1968): «Contribución al estudio de los limos yesíferos del centro de la Depresión del Ebro». *Brev. Geol. Astúrica*, 11, 125-137, Oviedo.
- TRUYOLS, J. y CRUSAFONT, M. (1961): «Consideraciones sobre la edad del yacimiento de vertebrados de Tárrega». *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, 61: 99-108.

- VAN WAGONER, J. C., MITCHUM, R. M., CAMPION, K. M. y RAHMANIAN, V. D. (1990): «Siliciclastic Sequence. Stratigraphy in well logs, cores, and outcrops». *AAPG Methods in Exploration Series*, n.º 7, 55 pp.
- VERGES, J., PUJADAS, J., MARTÍNEZ, A. y MUÑOZ, J. A. (1989): «Discordancias y discontinuidades en las cuencas de antepaís: causas tectónicas y variaciones del nivel del mar». *XII Congreso Español de Sedimentología*, Leioa-Bilbao. Comunicaciones, pp. 227-230.
- VERGES, J., y RIBA, O. (1991): «Discordancias sintectónicas ligadas a cabalgamientos: modelo cinemático». *I Congreso del Grupo Español del Terciario*, Vic. 1991. Comunicaciones, pp. 341-345.
- ZUIDAM, R. A. VAN (1976): «Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain». *Int. Inst. of Aerial Survey and Earth Sc. (ITC)*, Enschede, 211 p.
- ZUIDAM, R. A. VAN (1980): «Un levantamiento geomorfológico de la región de Zaragoza». *Geographicalia*, n.º 6, pp. 103-134, 4 figs., Zaragoza.



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN Y CIENCIA

ISBN 84-7840-560-7



9 788478 405602