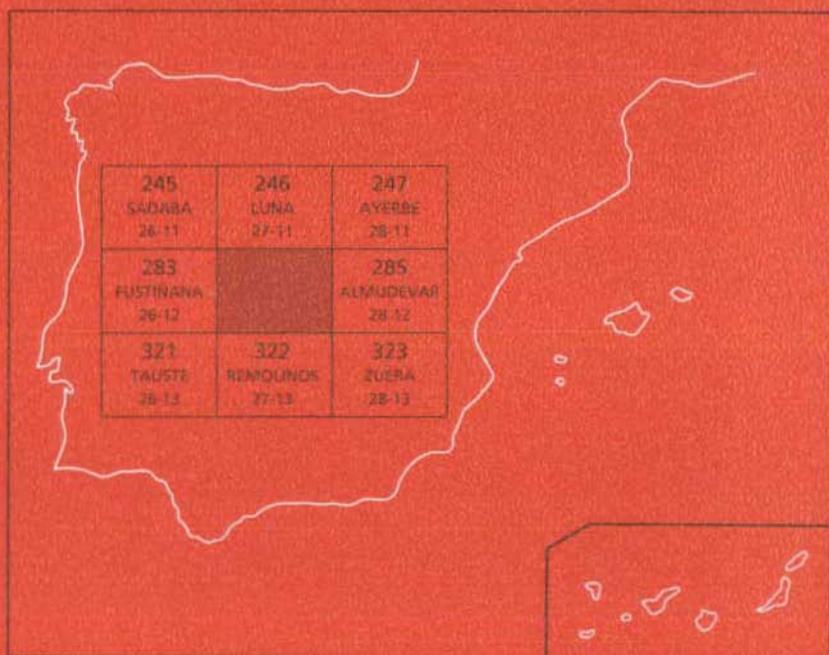




MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie - Primera edición



EJEA DE LOS CABALLEROS

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA

EJEA DE LOS CABALLEROS

© INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito Legal: M.-21.949-1995

ISBN: 84-7840-219-5

NIPO: 241-95-005-0

Fotocomposición: Cartografía Madrid, S. A.

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Ejea de los Caballeros (284) han sido realizados, durante 1990 y 1991 por la Compañía General de Sondeos S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

Mapa Geológico:

A. Salazar y J.M. Costa (CGS)

Mapa Geomorfológico:

A. Salazar (CGS)

Memoria:

Estratigrafía

J. M. Costa y A. Salazar (CGS)

Geomorfología

A. Salazar (CGS)

Tectónica

J. J. Navarro (CGS)

Neotectónica

J. L. Simón, J. Gracia (Univ. Zaragoza) y J.J. Navarro (CGS)

Hidrogeología

R. Rodríguez Santisteban (CGS)

Geología Económica

A. García Villar (CGS)

Han colaborado en aspectos parciales:

Estratigrafía

J. M. Costa (CGS)

Sedimentología

J. M. Costa y J. Solà (CGS)

Petrografía

A. del Olmo (CGS)

Geotecnia

A. Hernández

Micropaleontología

J. Ramírez del Pozo

Micromamíferos

G. Cuenca (Univ. Zaragoza)

Normalización del Mapa Geomorfológico
J. Fernández-Gianotti y A. Martín-Serrano (ITGE)

Dirección del Estudio

A. Barnolas y A. Robador

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

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

INDICE

	<i>Páginas</i>
0. INTRODUCCION	9
1. ESTRATIGRAFIA	11
1.1. TERCARIO	17
1.1.1. Unidad Galocha-Ontiñena	17
1.1.1.1. Arcillas, areniscas tabulares y paleocanales de arenisca. (1) (Ageniense).....	19
1.1.1.2. Paleocanales de arenisca (2) (Ageniense).....	19
1.1.1.3. Arcillas, areniscas y limos (3) (Ageniense).....	19
1.1.1.4. Calizas micríticas (4) (Ageniense)	20
1.1.2. Unidad Bujaraloz-Sariñena	20
1.1.2.1. Paleocanales de arenisca, areniscas tabulares y arcillas (5) (Ageniense-Aragoniense)	21
1.1.2.2. Paleocanales de arenisca (6) (Ageniense-Aragoniense)	21
1.1.2.3. Margas, margocalizas y tablas de caliza (7) (Ageniense- Aragoniense)	21
1.1.2.4. Calizas micríticas (8) (Aragoniense)	23
1.1.2.5. Margas con yeso nodular y tabular, areniscas y tablas de caliza (9) (Ageniense-Aragoniense).....	23
1.1.3. Unidad Remolinos-Lanaja	24
1.1.3.1. Paleocanales de arenisca y arcillas (10) (Aragoniense)	25
1.1.3.2. Paleocanales de arenisca (11) (Aragoniense)	27
1.1.3.3. Arcillas y areniscas (12) (Aragoniense).....	27
1.1.3.4. Margas, arcillas y areniscas tabulares (13) (Aragoniense)..	28
1.1.3.5. Margas con yeso nodular y calcisiltitas (14) (Aragoniense)	28
1.1.3.6. Margas y tablas de caliza (15) (Aragoniense).....	28
1.1.3.7. Tablas de caliza y margas (16) (Aragoniense)	29
1.1.4. Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de La Sora	29

1.1.4.1.	Paleocanales de arenisca y arcillas (17) (Aragoniense)	32
1.1.4.2.	Margas, areniscas, arcillas y tablas de caliza (18) (Aragoniense).....	32
1.1.4.3.	Margas, calcisiltitas y calizas con yesos nodulares. Areniscas y arcillas rojizas (19) (Aragoniense).....	34
1.1.4.4.	Calizas micríticas, calizas detriticas, calcisiltitas y margas (20) (Aragoniense)	35
1.1.5.	Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón	35
1.1.5.1.	Alternancia de margas y de calizas (21) (Aragoniense).....	37
1.2.	CUATERNARIO	39
1.2.1.	Pleistoceno	39
1.2.1.1.	Costras calcáreas (22). Plioceno-Pleistoceno	39
1.2.1.2.	Conglomerado de cantos y gravas polimícticos, costras calcáreas a techo. Terrazas (23). Pleistoceno	40
1.2.1.3.	Cantos y gravas polimícticas, arenas y limos. Terrazas (29, 30, 31, 32). Pleistoceno	40
1.2.1.4.	Gravas y cantos calcáreos, arenas, limos y arcillas. Glacis (24, 25, 26, 27). Pleistoceno	40
1.2.1.5.	Cantos y gravas polimícticos, arenas y limos. Depósitos aluviales y fluviales del Piedemonte Pirenaico (28). Pleistoceno.	40
1.2.2.	Holoceno	41
1.2.2.1.	Cantos y gravas polimícticos, arenas, limos y arcillas. Fondos de valles (33). Holoceno.	41
1.2.2.2.	Limos, arcillas, arenas y gravas. Depósitos aluvial-coluvial y rellenos de "vales" (34). Limos, arcillas, arenas y gravas. Depósitos de conos de deyección (35). Arcillas y limos. Depósitos endorreicos (36). Gravas, cantos, arenas y arcillas. Coluviones (37). Holoceno	41
2.	TECTONICA	43
2.1.	MARCO TECTONICO REGIONAL	43
2.2.	DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	43
2.3.	EVOLUCION TECTONICA	44
2.4.	NEOTECTONICA.....	45
3.	GEOMORFOLOGIA	47
3.1.	DESCRIPCION FISIOGRAFICA.....	47
3.2.	ANALISIS GEOFORMOLOGICO	47
3.2.1.	Estudio morfoestructural.....	47
3.2.2.	Estudio del Modelado.....	48
3.2.2.1.	Laderas.....	48
3.2.2.2.	Formas fluviales	48
3.2.2.3.	Formas endorreicas.....	50
3.2.3.4.	Formas antrópicas.....	50

	<i>Páginas</i>
3.2.2.5. Formas poligénicas	50
3.2.3. Formaciones superficiales.....	51
3.3. EVOLUCION DINAMICA	52
3.4. MORFOLOGIA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS	54
4. HISTORIA GEOLOGICA.....	55
5. GEOLOGIA ECONOMICA.....	57
5.1. RECURSOS MINERALES	57
5.1.1. Minerales no metálicos	57
5.1.2. Rocas industriales	57
5.2. HIDROGEOLOGIA.....	59
5.2.1. Climatología	60
5.2.2. Hidrología.....	60
5.2.3. Características hidrogeológicas	62
5.2.3.1. Acuíferos terciarios	62
5.2.3.2. Acuíferos cuaternarios	64
5.2.3.2.1. Aluviales de los ríos Arba de Biel y Arba de Luesia.....	64
5.2.3.2.2. Otros depósitos cuaternarios	65
5.2.4. Hidrogeoquímica	65
5.3. CARACTERISTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES.....	65
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.)	69
7. BIBLIOGRAFIA	71

0. INTRODUCCION

El territorio que comprende la hoja de Ejea de los Caballeros del mapa topográfico 1:50.000 se halla situado entre los paralelos $42^{\circ}10'04'',3$ y $42^{\circ}00'04'',3$ y los meridianos $1^{\circ}11'10'',5$ y $0^{\circ}51'10'',5$. En su mayor parte, pertenece a la provincia de Zaragoza, exceptuando el extremo sur-oriental, el cual pertenece a la provincia de Huesca, ya que abarca el área correspondiente al término municipal de Gurrea de Gállego. La casi totalidad de la zona, forma parte de la comarca de las Cinco Villas, ubicado en la parte central del valle del Ebro.

La parte septentrional de la hoja se ve dominada por un relieve más o menos llano, del que sobresalen cerros aislados por la erosión y que llegan a alcanzar una altura de 657 m en el alto de la Monlora. En la parte meridional del territorio, por el contrario, se alcanzan los Montes de Castejón, que llegan a alcanzar una cota máxima de 766 m en La Lomaza.

Gran parte del territorio está drenado por el río Arba de Biel, que entra en la hoja por el pueblo de Luna y, tras describir un pronunciado codo entre Erla y Paules, se une al río Arba de Luesia al sur de la población de Ejea.

Los demás cauces existentes en la zona, consisten en pequeños arroyos de funcionamiento efímero, que tributan sus aguas a los dos ríos mencionados; como por ejemplo el barranco de Varluenga, tributario del Arba de Biel o el Barranco Español, tributario del Arba de Luesia.

El clima de la comarca es marcadamente continental, con veranos breves y extremadamente calurosos e inviernos rigurosos y prolongados. Las precipitaciones son escasas y mal repartidas aunque algo superiores a las de la zona de Zaragoza. Debido a estos caracteres climáticos, esta hoja entra de lleno en la categoría de país estepario, que se refleja en la falta de arbolado en el paisaje. Solamente en la vaguada de los Montes de Castejón, entre el Monte de la Sora y la Sierra de Las Pedrosas, se desarrolla un extenso pinar, en el que aparecen otras especies como sabinas y coscojas.

La economía de la región es fundamentalmente agrícola, basada en cultivos de secano: cereales, remolacha, vid etc., y actualmente, con la reciente construcción del canal de las Bârdenas,

también en cultivos de regadío. Su ganadería, se reduce casi exclusivamente a la cría de ganado lanar y cabrío. La escasa industria del país está relacionada con su principal actividad, la agrícola.

El pueblo más importante de la región es Ejea, con 14472 habitantes, según el censo de 1970. Le siguen Luna (1521 h.), Erla (676 h.), Valpalmas (511 h.), Sierra de Luna (423 h.) y Las Pedrosas (157 h.). Los restantes pueblos son aldeas.

Los materiales geológicos que constituyen la zona son de edad miocena y cuaternaria. Dentro de los primeros, cabe realizar dos distinciones que condicionan diferencias paisajísticas importantes: la parte septentrional de la hoja está dominada por la presencia de areniscas y de arcillas de origen fluvial que condicionan un paisaje llano, con cerros de diferente altitud preservados de la erosión pliocuaternaria. Por el contrario la parte meridional de la hoja se halla dominada por una alternancia de margas y de calizas que configuran un relieve tabular y que constituyen los Montes de Castejón.

Los materiales de edad cuaternaria recubren, en gran parte, el área centro-meridional y centrooccidental de la hoja. Sobre todo destacan las terrazas de ríos Arba de Luesia y Arba de Biel, que se disponen paralelamente a sus cauces. Cabe también mencionar el desarrollo de glaciares al pie de las laderas de los Montes de Castejón, los cuales enlazan de forma más o menos directa, con las terrazas mencionadas. El resto de depósitos cuaternarios consisten en rellenos de vales y en depósitos coluviales de poca entidad.

La actividad tectónica dentro del área estudiada, ha sido prácticamente nula, tal y como demuestra la disposición subhorizontal de los estratos, que tienen un buzamiento aproximado de 1° hacia el S-SO, tanto en la parte septentrional (zona de Luna), como en la meridional (Montes de Castejón). Hay que señalar que en el área comprendida entre la Sierra de Luna y Las Pedrosas, existen buzamientos de hasta 3.5°, lo que podría indicar la existencia de una estructura de dirección ONO-ESE, que pudiera consistir en un pliegue flexural con un mayor desarrollo en profundidad.

El área que comprende la hoja, se halla situada en la parte central de la Cuenca del Ebro. Esta Cuenca, desde principios del Oligoceno hasta el Mioceno superior, se ha comportado como una cuenca endorreica que recibía sedimentos continentales procedentes del desmantelamiento de las cordilleras circundantes: el Pirineo en el norte, la Cordillera Ibérica en el sur y SO y los Catalánides en el SE. Los materiales fluviales, de edad miocena, que se encuentran en el norte de la hoja, son de procedencia pirenaica (Nichols, 1984), y en un sentido amplio, pasan, hacia el sur de la hoja, a materiales de origen lacustre, representados por las calizas y margas de Sierra de Luna y de los Montes de Castejón. En la parte sur-occidental de la hoja, entre estas facies lacustres, se intercalan materiales siliciclásticos de coloración rojiza, probablemente procedentes de la Cordillera Ibérica, ya que su composición petrológica es diferente a la de los materiales fluviales que afloran en la parte norte de la hoja.

Entre los trabajos previos relativos a la cartografía geológica de la Cuenca endorreica del Ebro cabe citar a los de Riba (1955 y 1961) para el sector occidental de la Cuenca (Corredor de la Bureba y subcuencas de Miranda y de Treviño), el de Quirantes (1969, publicado en 1978) para

el sector central de la Cuenca, los de la J.E.N. (1977) para la mitad septentrional de los sectores central y oriental de la Cuenca, los del IGME (1975, 1985) en las cuencas ligníferas de Calaf y Mequinenza, el de la J.E.N. (1979-81) para el sector sur-oriental y el de Riba (1967) para el sector nor-oriental. Trabajos posteriores IGME (1981) y ENRESA (1989) representaron, desde la perspectiva que nos ocupa, reelaboraciones de las cartografías geológicas anteriormente citadas, con aplicación de nuevos criterios cartográficos pero sin un trabajo de campo considerable, o bien, en otros casos aportaciones cartográficas importantes de áreas (lacustres) más localizadas (IGME, 1975, 1976, 1985, 1986, 1987; ENADIMSA, 1984). Por el contrario las hojas MAGNA elaboradas con posterioridad a las Hojas piloto, especialmente las de Cataluña (Pons, Cardona, Puigreig, Calaf) constituyen valiosas aportaciones al conocimiento estratigráfico y sedimentológico de sus materiales.

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

Para la realización de la hoja de Ejea de los Caballeros, además de las técnicas habituales en estudios estratigráficos, sedimentológicos, tectónicos y geomorfológicos, se ha realizado un muestreo en las facies más favorables para la presencia de micromamíferos, con el fin de datar las unidades cartográficas.

1. ESTRATIGRAFIA

La hoja de Ejea de los Caballeros está constituida por materiales de edad miocena que colmatan la parte central de la Cuenca del Ebro que, en gran parte, se hallan recubiertos por materiales de edad cuaternaria.

Dentro de los sedimentos del Mioceno, en la hoja se distinguen dos dominios litológicos diferentes: en la parte septentrional del territorio se encuentran areniscas y arcillas de origen fluvial, correspondientes a la parte distal del Sistema de Luna (Nichols, 1984) que, en gran parte, provienen del desmantelamiento de las Sierras Exteriores pirenaicas. Estos materiales forman parte de la Formación Uncastillo, definida por Soler y Puigdefàbregas (1970), equivalente a la Formación Sariñena de Quirantes (1969). Por el contrario, la parte meridional de la hoja viene dominada por una alternancia de margas y calizas depositadas, a grandes rasgos, dentro de un ambiente lacustre. El conjunto de estos materiales pertenece a los Miembros Castellar y Castejón de la Formación Alcubierre (Quirantes, 1969). Riba *et al.* (1973) consideran que la parte inferior de estos materiales margocarbonatados, es de edad Mioceno inferior, mientras que la parte superior de la serie margocarbonatada, que configura los Montes de Castejón, tiene una edad correspondiente al Mioceno medio-superior.

Dentro de la hoja, la relación existente entre los depósitos fluviales del norte y los depósitos lacustres del sur, es de difícil observación, ya que entre ambos dominios se extienden las terrazas cuaternarias del río Arba de Biel, con una considerable extensión, que dificultan la observación de los cambios laterales de facies.

EDAD			UNIDADES GENETICO-SEDIMENTARIAS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS Quirantes, 1969; Soler y Puigdefàbregas, 1970	DESCRIPCION DE LAS LITOLOGIAS HOJA DE EJEJA DE LOS CABALLEROS	YACIMIENTOS PALEONTOLOGICOS				
SERIE	PISO	U. MEIN								
MIOCENO	ARAGONIENSE	Mn-4b	U. Sierra de Lanaja-Montes de Castejón	Fm. Uncastillo	Fm. Alcuibierre	<ul style="list-style-type: none"> 21.- Alternancia de margas y calizas. Nivel de margas grises en la base 20.- Calizas micríticas, calizas detríticas, calcisiltitas y margas 19.- Margas, calizas con yesos nodulares, areniscas y arcillas rojizas 18.- Margas, areniscas, arcillas y tablas de caliza 17.- Paleocanales de areniscas y arcillas 	<ul style="list-style-type: none"> • Puig Ladrón 			
			U. Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora							
		Mn-4a	U. Remolinos-Lanaja					Fm. Zaragoza	<ul style="list-style-type: none"> 16.- Calizas y margas 15.- Margas y calizas 14.- Margas con yeso nodular y calcisiltitas 13.- Margas, arcillas y areniscas tabulares 12.- Arcillas y areniscas 11.- Paleocanales de areniscas 10.- Paleocanales de arenisca y arcillas 	
	Mn-3b Mn-3a	U. Bujaraloz-Sariñena	Fm. Uncastillo					Fm. Alcuibierre	<ul style="list-style-type: none"> 9.- Margas con yeso nodular y tabular, areniscas y calizas 8.- Calizas micrítico-organógenas 7.- Margas, margocalizas y tablas de calizas 6.- Paleocanales de areniscas 5.- Paleocanales de areniscas, areniscas tabulares y arcillas 	<ul style="list-style-type: none"> • Peñalba
	Mn-2b									
	Mn-2a	U. Galocha-Ontiñena								

Fig. 1. Cuadro sintético de los materiales miocenos de la hoja de Ejeja de los Caballeros

No obstante, dentro del dominio fluvial, puede observarse una ordenación vertical cíclica de los materiales, que consiste en una alternancia de tramos con predominio de canales de arenisca y de niveles con predominio de arcillas. Los primeros representan etapas de reactivación en la sedimentación fluvial y los segundos, etapas de retracción de la misma. Dentro de estos materiales se han distinguido un total de cuatro unidades cíclicas, cuya base consiste en agrupaciones de paleocanales de areniscas y su techo es fundamentalmente arcilloso, con intercalaciones de areniscas tabulares y de paleocanales de escasa continuidad lateral.

Dentro del complejo lacustre desarrollado en la parte meridional del territorio que comprende la hoja, existen intercalaciones de materiales siliciclásticos, de origen aluvial, que se han correlacionado con las agrupaciones de paleocanales mencionadas en el párrafo anterior. De esta forma, en el sector sur de la hoja, se han distinguido un total de cuatro unidades cíclicas formadas por depósitos aluviales en la base y por depósitos de origen lacustre-palustre en el techo.

La erosión cuaternaria impide, en gran parte, la observación de la conexión física entre los depósitos fluviales del norte y los depósitos lacustres del sur, pero por la posición estratigráfica que ocupan las principales intercalaciones de sedimentos siliciclásticos dentro del complejo lacustre y teniendo en cuenta los criterios de buzamiento y de cota topográfica, se puede hacer corresponder cada una de las intercalaciones limo-arenosas dentro del complejo lacustre a cada una de las agrupaciones de paleocanales observados en el complejo fluvial.

Esta ordenación vertical permite distinguir unidades con un carácter rítmico, denominadas como unidades genético sedimentarias, compuestas en su base por depósitos aluviales más groseros y en su parte superior por sedimentos de llanura de inundación y palustre-lacustres. El límite entre cada unidad es neto y brusco, mientras que los cambios de facies en la sucesión vertical, dentro de la propia unidad, son graduales.

Trabajando bajo este punto de vista, se han diferenciado, en la parte central de la cuenca del Ebro, un total de veinte unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendida entre el Priabonense y el Aragoniense-Vallesiense. De todas estas sólo cinco se hallan presentes en la hoja y tienen una edad comprendida entre el Mioceno inferior (Ageniense) y el Mioceno medio (Aragoniense). Estas unidades reciben, de base a techo, los nombres de: unidad Galocha-Ontiñena, unidad Bujaraloz-Sariñena, unidad Remolinos-Lanaja, unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora y unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón.

La correlación de estas unidades genético-sedimentarias con las unidades litoestratigráficas definidas por Quirantes (1969) y por Soler y Puigdefàbregas (1970), se puede observar en la figura 1. En la figura 2 se muestra la evolución espacial y temporal de estas unidades genético-sedimentarias en el sector nor-occidental de la parte aragonesa de la cuenca del Ebro. La figura 3 representa un intento de correlación de estas unidades con las unidades tectosedimentarias definidas en la cuenca por Pérez et al. (1988) y Arenas y Pardo (1991).

De acuerdo con los datos obtenidos del sondeo de Valpalmas-1, realizado al sureste del cerro de la Monlora, cerca de la carretera que une Erla con la población de Valpalmas, el contacto entre la unidad Galocha-Ontiñena y la infrayacente unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca,

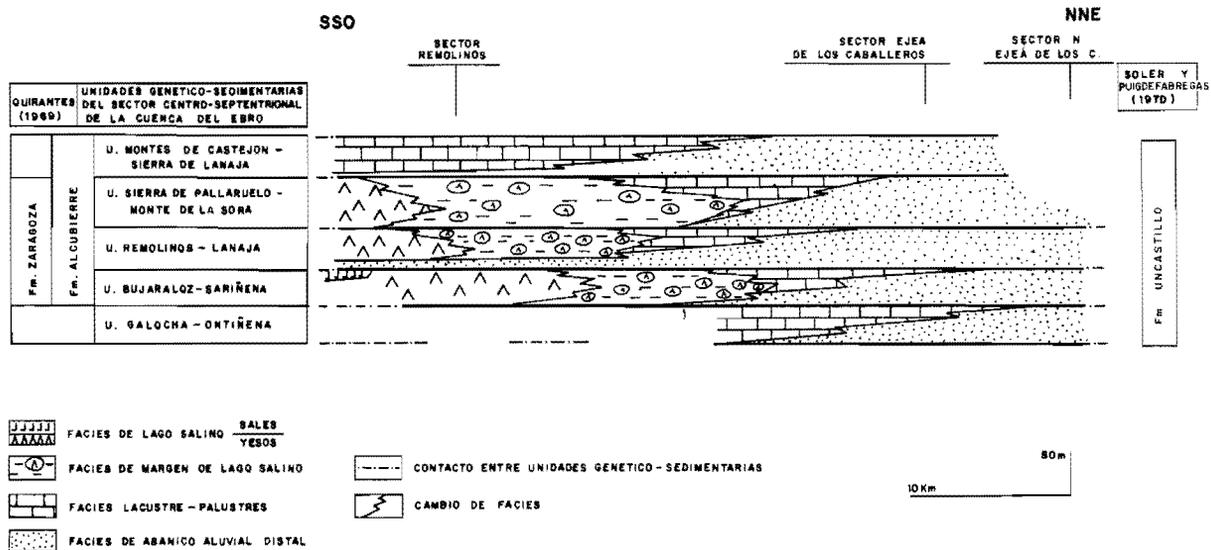


Fig. 2. Modelo secuencial de las unidades genético-sedimentaria miocenas en el sector noroccidental de la parte aragonesa de la cuenca del Ebro

EDAD		BIOZONAS MEIN	UTS. PEREZ <i>et al.</i> (1988)	UNIDADES GENETICO-SEDIMENTARIAS	YACIMIENTOS MICROMAMIFEROS ESTUDIADOS EN EL MAGNA EBRO	OTROS YACIMIENTOS DE MAMIFEROS CUENCA DEL EBRO	
MIOCENO	VALLESIENSE		N3	U. SAN CAPRASIO		<ul style="list-style-type: none"> - Monegrillo (1) Tudela 1, 2 (4) - Paridera del Cura (2) <ul style="list-style-type: none"> • Mas de Santiaguét (2) - Galocha 1, 3 <ul style="list-style-type: none"> • San Juan - Autol, Santa Cilia (3) 	
	ARAGONIENSE	SUP.	MN-10 MN-9 MN8 MN-7 MN-6	N2			U. SIERRA DE LANAJA-MONTES DE CASTEJON
		MED.	MN-5 MN-4b MN-4a	N1			U. SIERRA DE PALLARUELO-MONTE DE LA SORA
			MN-3b MN-3a				U. REMOLINOS-LANAJA
	INF.	Mn-2b	T4	U. BUJARALAZ-SARIÑENA			
	AGENIENSE		MN-2a				U. GALOCHA-ONTIÑENA
			MN-1				U. TORRENTE DE CINCA - ALCOLEA DE CINCA

FIG. 3.- ENSAYO DE CORRELACION DE LAS UNIDADES GENETICO-SEDIMENTARIAS DIFERENCIADAS EN LA HOJA Y LAS UNIDADES TECTOSEDIMENTARIAS DE PEREZ *et al* (1988).

- (1) Azanza, *com. pers.*
- (2) Cuenca *et al.* (1989)
- (3) Alvarez-Sierra *et al.* (1990)
- (4) Pérez *et al.* (1989)

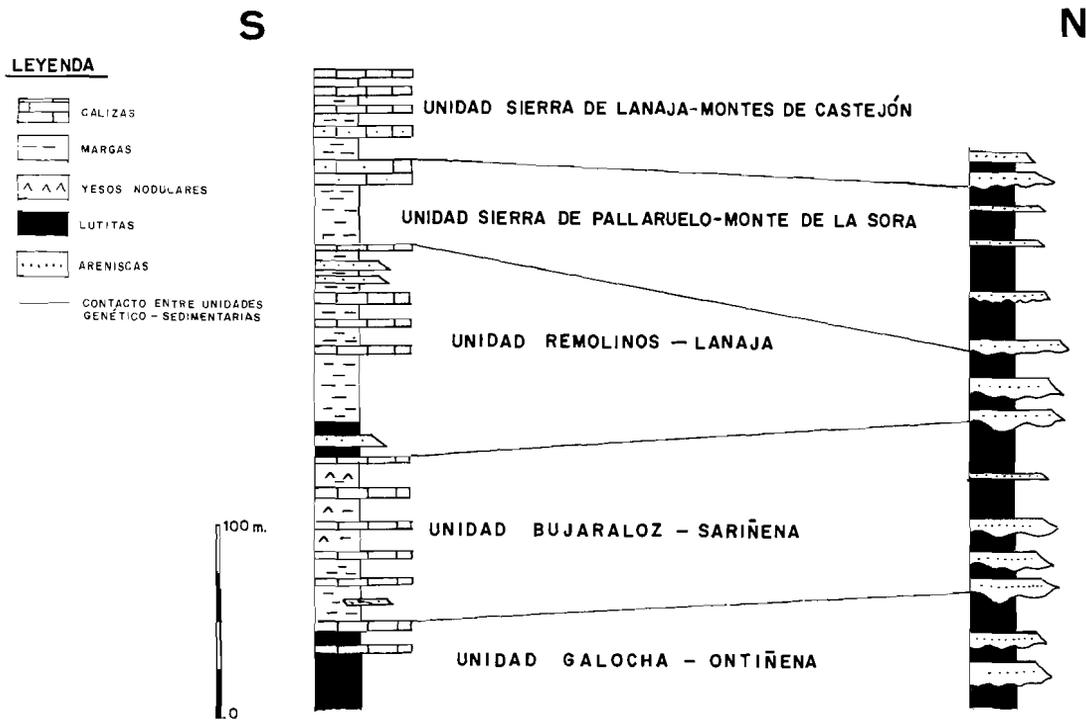


Fig. 4. Columnas sintéticas de las unidades genético-sedimentarias en los sectores septentrional y meridional de la hoja de Ejea de los Caballeros

probablemente se sitúa a 280 m de profundidad, donde los materiales areniscosos y arcillosos de la unidad Galocha-Ontiñena suprayacen a los materiales fundamentalmente pelíticos de la unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca.

Los materiales cuaternarios corresponden principalmente a distintos niveles de terraza de los ríos Arba de Biel y Arba de Luesia, a distintos niveles de glacis desarrollados al pie de los Montes de Castejón y a depósitos aluviales y coluviales de escasa importancia.

1.1. Terciario

1.1.1. Unidad Galocha-Ontiñena

Es la unidad genético-sedimentaria más antigua que aflora en la hoja. Su base no aflora, por lo cual se desconoce su potencia total. Se localiza en las zonas topográficamente más deprimidas. En la parte nor-oriental de la hoja, la unidad está formada por arcillas y paleocanales de arenisca y hacia el sur y SO pasa transicionalmente a arcillas con intercalaciones de limos y areniscas tabulares y niveles de calizas abundantes en su parte superior.

Dentro de la hoja, su potencia ha sido evaluada, de forma parcial, en la serie de Pepa Antonia (04), en 35 m y también en la serie de Las Cabañas de Quirvili (06), donde únicamente han sido medidos los 8 m superiores de la unidad.

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la unidad Galocha-Ontiñena se ha caracterizado en las hojas de Sariñena y de Lanaja, donde presenta facies aluviales procedentes del Pirineo y que forman parte del Sistema de Huesca (Hirst y Nichols, 1986). En la parte sur de la zona de Sariñena, las facies aluviales están solapadas por facies carbonáticas de origen lacustre-palustre, que constituyen el techo de la unidad. Hacia el área comprendida en las hojas de Peñalba, Fraga, Mequinzena y la parte oriental de la hoja de Bujaraloz, está formada por facies aluviales distales (lutíticas), en las que se intercalan diferentes niveles carbonatados en la parte superior. En el sector meridional de la Cuenca, ha sido reconocida en las hojas de Caspe, Bujaraloz (parte S) y Gelsa. En este área, está formada en la base por sedimentos aluviales, procedentes de la cordillera Ibérica y en el techo, por carbonatos de origen lacustre-palustre (ver figura 5). Estos materiales, hacia el territorio ubicado en la zona central de la presente hoja, en el de la parte septentrional de la hoja de Gelsa y en el de la parte meridional de la hoja de Castejón de Monegros, pasan progresivamente a facies evaporíticas (Fig. 5)

Dentro de la hoja, no existen yacimientos paleontológicos en los materiales de esta unidad, pero en la vecina hoja de Huesca, concretamente en el yacimiento de La Galocha, Cuenca *et al.* (1983), atribuyen a materiales estratigráficamente equivalentes, una edad correspondiente al Mioceno inferior (biozona 2b de Mein, 1975)

En la presente hoja, dentro de la unidad Galocha-Ontiñena, se han distinguido los siguientes niveles cartográficos.

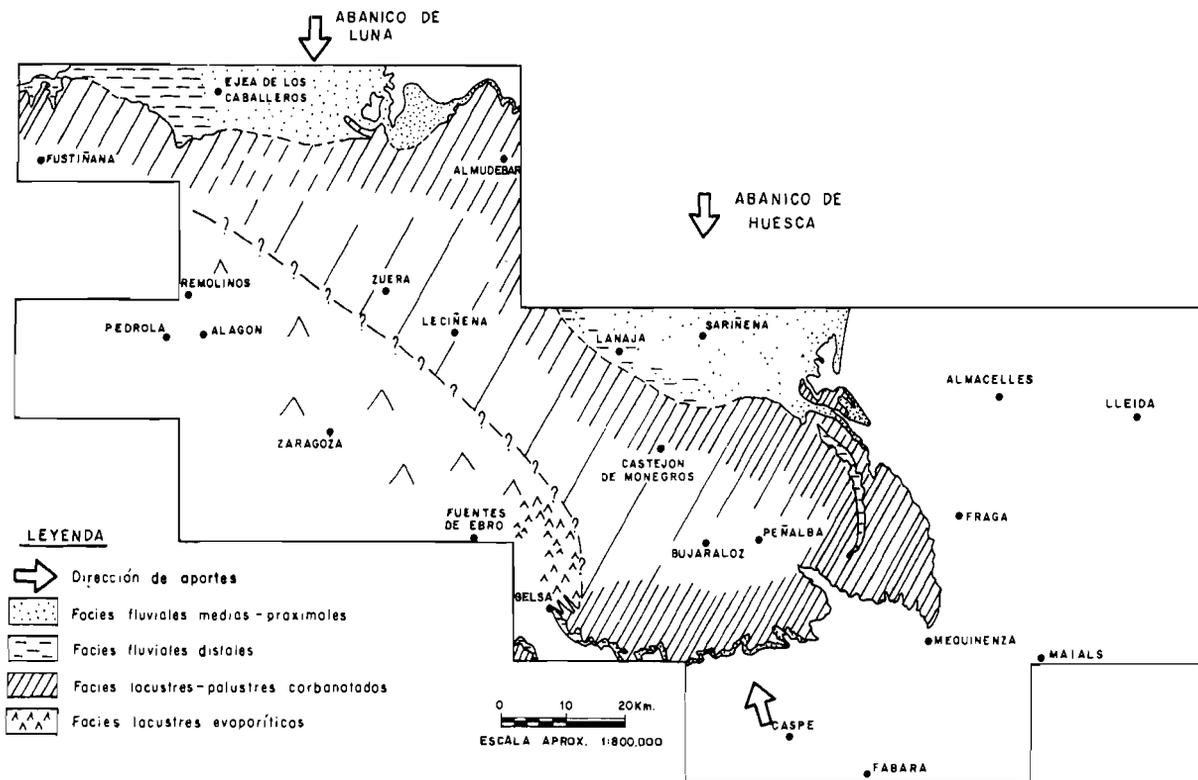


Fig. 5. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Galocha-Ontiñena

1.1.1.1. *Arcillas, areniscas tabulares y paleocanales de arenisca (1).* (Ageniense)

Aflora en la parte centro-septentrional de la hoja. En la zona de la Casa Alegre, se han medido unos 30 metros de potencia correspondientes a esta unidad cartográfica, concretamente en la serie de Pepa Antonia (04) que consisten en una alternancia de areniscas de tamaño de grano medio y de arcillas de color ocre. Las areniscas se organizan en bancos de hasta 3 metros de espesor, tienen estructuras de reactivación marcadas por cantos blandos y presentan superficies de acreción lateral. Las arcillas están bioturbadas y entre ellas se intercalan capas de areniscas planoparalelas, con laminación paralela y "ripples" de corriente. La parte superior del tramo es fundamentalmente pelítica, con intercalaciones de limos carbonatados.

Petrográficamente, las areniscas corresponden a litarenitas, con un 36% de clastos cuarcíticos, un 20 % de clastos calcáreos y, el resto de los clastos, son de feldespatos potásicos y sódicos. También existe un pequeño porcentaje de yeso detrítico. La matriz es fundamentalmente clorítica y el cemento, es calcáreo y yesífero, en la misma proporción.

Los bancos de arenisca representan el relleno de paleocanales de ríos meandriformes ("point bars") (Fig. 11 A), mientras que las arcillas con intercalaciones de areniscas tabulares corresponden a las facies de llanura de inundación de los paleocanales descritos (Fig. 11 B).

Ya que estos niveles son equivalentes laterales de los del yacimiento de la Galocha, situado en la hoja de Huesca, se les atribuye una edad Ageniense (ver Alvarez-Sierra *et al.*, 1990).

1.1.1.2. *Paleocanales de arenisca (2).* (Ageniense)

Dado que algunos de los paleocanales intercalados en la unidad anterior poseen una buena expresión geomorfológica, se han diferenciado de la unidad anterior como cuerpos cartográficos individuales. Presentan las mismas características sedimentológicas que los paleocanales descritos anteriormente y, por consiguiente, las mismas características petrológicas. Corresponden a "point bars" de ríos meandriformes (Fig. 11 A). Su edad es Ageniense.

1.1.1.3. *Arcillas, areniscas y limos (3).* (Ageniense)

Aflora en los alrededores del pueblo de Ejea, en la parte occidental de la hoja, donde se han medido unos 30 metros correspondientes a esta unidad cartográfica. Corresponde a un tramo arcilloso con alguna intercalación de areniscas planoparalelas de un espesor máximo de 1 metro. Están muy bioturbadas y, a veces se aprecian laminaciones paralelas. También existen intercalaciones centimétricas de limos, limos carbonatados y calizas micríticas.

Las areniscas pueden clasificarse como litarenitas, con un 25%-30% de cantos calcáreos, un 15% de granos cuarcíticos y un porcentaje menor de cantos feldespáticos. La matriz es caolínica y clorítica y el cemento es calcáreo y dolomítico.

En conjunto pueden interpretarse como facies de llanura de inundación (Fig. 11 B).

Por correlación con los niveles que afloran en la vecina área de la Galocha, dados por Cuenca *et al.* (1983) se le asigna una edad Ageniense.

1.1.1.4. Calizas micríticas (4). (Ageniense)

Afloran en el extremo centro-oriental de la hoja, limitando con la hoja de Almodévar y también en la parte sur-occidental de la misma, en el techo de la unidad cartográfica anterior. Corresponden a calizas micríticas, con un gran contenido en restos orgánicos. Su espesor no llega a los 50 cm.

Estas calizas pueden clasificarse como biomicritas con restos de caráceas y ostrácodos y porosidad fenestral. Presentan un alto contenido en matriz micrítica y un abundante porcentaje en cemento esparítico y en bioclastos.

Según estas características, pueden interpretarse como depósitos lacustre-palustres (Fig.11 D).

Por las consideraciones realizadas en los apartados anteriores se les atribuye una edad Ageniense.

1.1.2. Unidad Bujaraloz-Sariñena

Esta unidad genético-sedimentaria aflora tanto en el sector septentrional como en el meridional de la hoja. En la parte septentrional, esta unidad está formada por paleocanales de arenisca, intercalados con lutitas ocreas que en conjunto representan facies aluviales distales. En el sector meridional, la parte media-superior de la unidad está formada por margas con intercalaciones de calizas, mientras que su parte basal está formada por una alternancia de lutitas y de areniscas (tabulares y canaliformes). En la zona comprendida entre el Corral Alto y el extremo oriental de la hoja, al norte de las Pedrosas, las margas contienen nódulos y niveles de yeso. En el extremo sur-occidental de la hoja, el tramo margo-arenoso que representa la base de la unidad, también contiene nódulos de yeso.

La potencia de la unidad Bujaraloz-Sariñena dentro de la hoja ha sido evaluada en el sector norte, concretamente en la serie de Pepa Antonia, en 80 m. También se ha medido, de forma parcial, en las series de Luna (01) (65 m), de La Monlora (02) (25 m), del Castillo de la Sora (05) (40 m), de las Cabañas de Quírbili (06) (20 m), de Las Pedrosas (07) (40 m) y de Santo Domingo (08) (50 m).

En el norte del territorio, el contacto con la unidad infrayacente se pone de manifiesto a través de una acumulación de paleocanales en la base de esta unidad que se apoyan sobre los materiales predominantemente arcillosos de la parte superior de la unidad Galocha-Ontiñena.

En la parte central de la Cuenca del Ebro la unidad Bujaraloz-Sariñena presenta en la base facies fluvio-aluviales procedentes del Pirineo, que forman parte del Sistema de Huesca (Hirst y Nichols (1986), y en el techo facies carbonáticas de origen lacustre-palustre (Hernández *et al.*, 1991) (ver Fig. 6). Estas facies, hacia el NO y el SO, pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y a facies de lago salino (Hernández *et al.*, *op. cit.*) (Fig. 6).

Azanza *et al.* (1988) y Cuenca *et al.* (1989) identifican *Rittereria manca* en las calizas de Valdeladrones (hojas de Peñalba y de Bujaraloz), que se sitúan en la parte intermedia de esta unidad en aquel sector. Dicha especie caracteriza la biozona 2b de MEIN (1975) que representa la parte superior del Ageniense.

Los materiales terrígenos, que forman parte de esta unidad en la parte septentrional de la hoja, corresponden a la Formación Uncastillo (Soler y Puigdefàbregas, 1970). Los materiales yesíferos que la configuran en los extremos sur este y SO de la hoja, pertenecen a la Formación Zaragoza (Quirantes, 1969), mientras que los materiales carbonáticos, que se intercalan en su parte superior en el sector meridional, se incluyen en la Formación Alcubierre (Miembro Castellar), definida igualmente por Quirantes *op. cit.*

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

1.1.2.1 *Paleocanales de arenisca, areniscas tabulares y arcillas (5).* (Ageniense-Aragoniense)

Esta unidad cartográfica se extiende por los sectores septentrional y central de la hoja, aflorando entre las terrazas del río Arba de Biel. Para su descripción, se han utilizado los datos de la columna sedimentológica de Pepa Antonia (04). En este sector tiene unos 80 m de potencia. Consiste en una alternancia de bancos de arenisca y de arcillas. Las areniscas son de grano medio y tienen un espesor máximo de 6 m. Poseen granoclasificación positiva, superficies de reactivación internas y superficies de acreción lateral. Entre las arcillas se intercalan areniscas de grano fino planoparalelas, con laminaciones paralelas y "ripples".

Los cantos que integran las areniscas son mayoritariamente calcáreos y cuarcíticos, con un porcentaje ligeramente superior de los primeros. Minoritariamente, se encuentran clastos de feldespatos potásicos y sódicos. El cemento es calcáreo y yesífero, y la matriz es clorítica.

De acuerdo con sus características sedimentológicas los bancos de arenisca pueden interpretarse como "point bars" de ríos meandriformes (Fig. 11 A), mientras que las areniscas plano-paralelas y las arcillas, representan probablemente los depósitos de desbordamiento de estos paleocanales (Fig. 11 B).

No existe en las áreas vecinas ningún yacimiento paleontológico que pueda precisar la edad de esta unidad. El yacimiento más próximo localizado en la base de la unidad genético-sedimentaria Bujaraloz-Sariñena es el de la Paridera del Cura (hoja de Peñalba), que según Cuenca *et al.* (1989) corresponde al techo del Ageniense (biozona 2b de Mein, 1975).

1.1.2.2. *Paleocanales de arenisca (6).* (Ageniense-Aragoniense)

Corresponden a paleocanales similares a los descritos en el párrafo anterior que se han diferenciado en la cartografía, debido a su expresión geomorfológica. Tanto sus características sedimentológicas, como las petrográficas, son idénticas a las de las areniscas anteriormente descritas. Tienen una edad Ageniense-Aragoniense.

1.1.2.3. *Margas, margocalizas y tablas de caliza (7).* (Ageniense-Aragoniense)

Consisten en margas grisáceas con intercalaciones de margocalizas de espesor centimétrico y

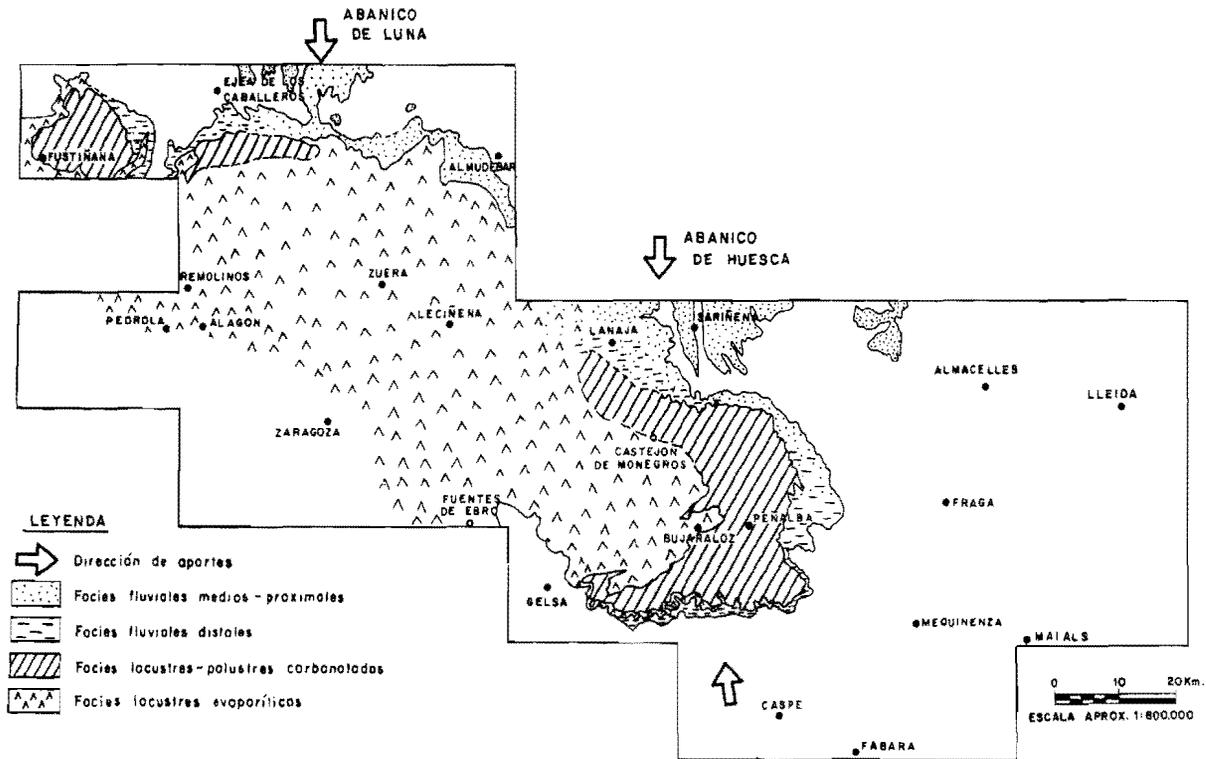


Fig. 6. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Bujaraloz-Sarriena

decimétrico. También se encuentran intercalaciones de calizas micríticas con restos de caráceas y ostrácodos. Afloran de un extremo a otro de la hoja, al pie de los Montes de Castejón. Para su descripción, se han utilizado los datos de la serie del Castillo de la Sora (05), donde se han medido unos 30 m de potencia. En la zona del Barranco de Lerma, en la base del tramo, existen intercalados diversos paleocanales de arenisca, de unos 60 cm de espesor.

Las calizas pueden clasificarse como biomicritas con tallos de caráceas y ostrácodos. Las muestras incluyen un pequeño porcentaje de detríticos de grano fino. alguna muestra está recristalizada y muestra porosidad fenestral, probablemente debido a procesos edáficos.

De acuerdo con sus características sedimentológicas, estos materiales se depositaron en un ambiente lacustre-palustre carbonatado (Fig. 11 C y D).

Por criterios de correlación regional la base de esta unidad pertenece al Ageniense, pudiendo su parte superior corresponder al Aragoniense.

1.1.2.4. *Calizas micríticas (8).* (Aragoniense)

En la parte media-superior de la unidad Bujaraloz-Sariñena, entre las margas descritas en el apartado anterior se intercalan capas de calizas de un espesor máximo de 70 cm. Se caracterizan por la gran continuidad lateral que presentan a lo largo de la hoja. De las cinco capas cartografiadas (algunas como líneas de capa), las más potentes, son las dos superiores que afloran en el área occidental, acuñándose hacia la zona de Las Pedrosas, en el área occidental de la hoja. Por el contrario las inferiores se acuñan hacia la parte centro-occidental de la hoja.

Su descripción se efectúa en base a los datos de la serie del Castillo de la Sora (05). Consisten en tablas de calizas de unos 70 cm de espesor máximo con abundantes restos bioclásticos. Pueden clasificarse como biomicritas con acumulaciones de tallos de caráceas y de ostrácodos. Algunas muestras están recristalizadas y tienen porosidad fenestral.

De acuerdo con sus características sedimentológicas y atendiendo a su relativa continuidad, estos sedimentos se interpretan como depositados en momentos de expansión lacustre (Figura 11 D).

Por su posición estratigráfica en la parte mediasuperior de la unidad Bujaraloz-Sariñena, se puede atribuir a esta unidad una edad Aragoniense.

1.1.2.5. *Margas con yeso nodular y tabular, areniscas y tablas de caliza (9).* (Ageniense-Aragoniense)

Esta unidad aflora en ambos extremos de la hoja y representa un cambio lateral de facies con los niveles margosos descritos en el apartado anterior. Para la descripción de esta unidad se han utilizado los datos de las series del Castillo de la Sora (05) y de Las Pedrosas (07).

En el extremo sur-occidental, en la zona del barranco de Lerma, tiene unos 10 m de potencia y está compuesta por margas gris-azuladas con niveles centimétricos de yesos nodulares, acintados y fibrosos. Entre ellas se intercalan capas centimétricas de margocalizas.

En el extremo oriental de la hoja, concretamente en la zona de Las Pedrosas, este nivel se encuentra en el techo de la unidad Bujaraloz-Sariñena. Consiste en margas con intercalaciones de yesos nodulares y acintados y también de capas de arenisca de grano fino, de un espesor máximo de 30 cm. La mayoría de éstas últimas son planoparalelas y tienen laminaciones paralelas y "ripples" de corriente. También incluyen intercalaciones de capas de calizas micríticas de espesor centimétrico.

Petrográficamente, las areniscas poseen un 20% de clastos cuarcíticos y también un porcentaje considerable de clastos calcáreos. El yeso se presenta tanto como componente detrítico, como cemento. La matriz es clorítica y el cemento es calcáreo y yesífero. Entre los fósiles que contienen las margas, se han identificado: *Chara* sp., *Potamocypris gracilis* SIEBER, *Candona* cf. *ciceronis* CARBONNEL y *Ilyocypris gibba* RAMDOHF.

Las características sedimentológicas de esta unidad permiten interpretarla como depósitos de margen de lago salino (Fig. 11 F).

Por criterios de correlación regional la base de esta unidad cartográfica corresponde al Ageniense y su parte media-superior, probablemente al Aragoniense.

1.1.3. Unidad Remolinos-Lanaja

En la hoja de Ejea de Los Caballeros, esta unidad genético-sedimentaria aflora de forma escueta en el sector septentrional, en las zonas topográficamente más elevadas, donde está constituida por facies terrígenas de abanico aluvial distal. En el cerro de La Monlora, la parte superior de la unidad, es predominantemente lutítica. Sin embargo en el sector meridional, aflora de forma continua al pie de Los Montes de Castejón.

En la zona de Las Pedrosas y de Sierra de Luna, en el extremo sureste de la hoja, su base está formada por materiales fluvio-aluviales de facies y de composición petrológica idéntica a los que se desarrollan en el norte y, por lo tanto, de procedencia pirenaica. En cambio en el extremo sur-occidental de la hoja, la base de la unidad Remolinos-Lanaja, viene marcada por la aparición de arcillas con intercalaciones de limos y de areniscas de coloración rojiza, que presentan una composición petrográfica diferente a la de los materiales detríticos desarrollados en el extremo suroriental. Estas dos cuñas detríticas, pasan lateral y verticalmente a materiales margocarbonatados, de origen lacustre-palustre. La parte superior de la unidad está compuesta por niveles de calizas, de considerable continuidad lateral que forman los primeros escarpes importantes de los Montes de Castejón y, en el extremo suroeste pasan a facies margoevaporíticas de margen de lago salino.

La potencia parcial de la unidad, se ha evaluado y representado en las series de Luna (01), donde tiene 50 m, de Pepa Antonia (04), donde se han medido 20 m y de Las Pedrosas (07), don-

de se ha estimado en 30 m. Su potencia total en el sector septentrional, es del orden de 60 m, que se han medido en la columna de La Monlora (02) y, en el sector meridional, oscila entre los 70 m evaluados en la serie del Castillo de La Sora (05) y los 100 m medidos en la sección de Sierra de Luna (03).

El contacto con la unidad infrayacente en la parte norte de la hoja, se sitúa en un cambio rápido de facies entre las facies predominantemente lutíticas o margo-carbonatadas, que constituyen la parte superior de la unidad Bujaraloz-Sariñena y los niveles de areniscas en paleocanales, o los niveles terrígenos equivalentes en el sector meridional que forman la base de esta unidad.

La evolución de facies de la unidad Remolinos-Lanaja en la Cuenca del Ebro puede observarse en la figura 7.

En los materiales que forman esta unidad genético-sedimentaria, no se han encontrado yacimientos de microvertebrados que hayan permitido su datación. Sin embargo, su posición estratigráfica por encima de la unidad Bujaraloz-Sariñena, cuya base ha sido precisada como Ageniense superior y por debajo de la unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón datada en la hoja de Lanaja como Aragoniense medio-superior permiten asignar una edad correspondiente al Aragoniense inferior-medio, a la unidad en cuestión.

Los materiales terrígenos, de origen aluvial, que constituyen esta unidad están incluidos en la Formación Uncastillo (Soler y Puigdefàbregas, 1970), mientras que los carbonatados forman parte de la Formación Alcubierre y los materiales margo-yesíferos pertenecen a la Formación Zaragoza ambas definidas por Quirantes (1969).

En esta unidad genético-sedimentaria, se han diferenciado las siguientes asociaciones de facies:

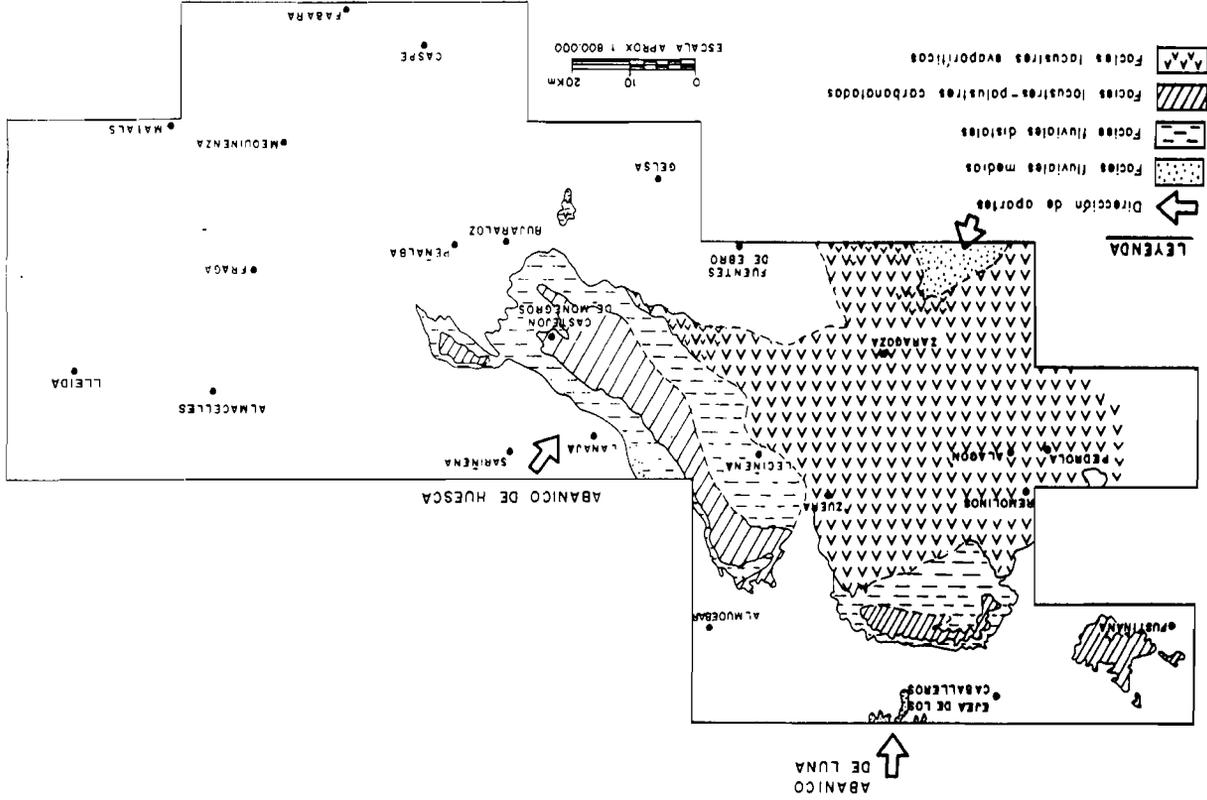
1.1.3.1. *Paleocanales de arenisca y arcillas (10).* (Aragoniense)

Dentro del territorio que ocupa la hoja, esta unidad se encuentra en la mitad septentrional en los cerros que tienen una mayor altura topográfica.

Para su descripción, se han utilizado los datos de la serie de La Monlora (02). En este sector presenta una potencia de 70 m. Consiste en bancos de arenisca de grano medio y fino, de un espesor máximo de 6 m con granoclasificación positiva, superficies de reactivación y superficies de acreción lateral. Estas últimas delimitan "cosets" de láminas con estratificación cruzada en surco, estratificación cruzada planar y "ripples" de corriente. Estos bancos se intercalan con arcillas ocres bioturbadas que incluyen niveles de areniscas planoparalelas de grano fino con laminaciones paralelas y "ripples". Los bancos de arenisca y las arcillas que se encuentran al sur de la hoja, entre Las Pedrosas y Sierra de Luna, han sido atribuidas a esta unidad. Tienen las mismas características que las descritas, a diferencia de que los paleocanales sólo alcanzan un espesor máximo de 1 m.

Las areniscas pueden clasificarse como litarenitas. Aproximadamente, contienen un 25% de

Fig. 7. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Remolinos-Lanaja



clastos cuarcíticos y un 25% de clastos calcáreos. El cemento es calcáreo y yesífero y la matriz es clorítica. También se encuentra yeso como componente detrítico.

De acuerdo con sus características sedimentológicas los bancos de areniscas pueden interpretarse como el relleno de paleocanales de ríos meandriformes ("point bars") (Fig. 11 A), mientras que las arcillas y las areniscas planoparalelas representan facies de desbordamiento (Fig. 11 B).

Por la posición estratigráfica de la unidad dentro de la serie miocena se le atribuye una edad Aragoniense.

1.1.3.2. *Paleocanales de arenisca (11).* (Aragoniense)

En esta unidad se han diferenciado, en la cartografía, algunos paleocanales de la unidad anterior que tienen una buena expresión morfológica. Poseen las mismas características sedimentológicas y petrográficas que los descritos en la unidad anterior. Son de edad Aragoniense.

1.1.3.3. *Arcillas y areniscas (12).* (Aragoniense)

Esta unidad cartográfica, engloba a los materiales de origen aluvial, fundamentalmente lutíticos, que forman parte de la unidad Remolinos-Lanaja. Se ha diferenciado en las laderas del cerro de La Monlora, con el fin de separarlo del nivel suprayacente, perteneciente a la unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de La Sora. También aflora en el extremo sur-occidental de la hoja en donde se encuentran por encima de las calizas de la unidad cartográfica 8 y donde constituyen la base de la unidad Remolinos-Lanaja.

En La Monlora, presenta una potencia de unos 11 m. El tramo es fundamentalmente margo-arcilloso, en el que se intercalan capas de arenisca de grano fino de morfología tabular y espesor máximo de unos 20 cm con "climbing ripples" y "ripples" de corriente.

En el área del barranco de Lerma, en la parte suroeste de la hoja, presentan unos 20 m de potencia medidos en la serie del Castillo de la Sora (05). Consisten en limos y arcillas de coloración rojiza y, en algunos puntos, como en la Cabaña de Mariano, se intercalan entre ellas paleocanales de arenisca de la misma coloración. En menor grado, existen intercalaciones de capas centimétricas de calizas bioclásticas. Petrologicamente, las areniscas son limo-arcillosas; presentan un porcentaje de clastos de cuarzo (40%) bastante superior al de los clastos calcáreos (20%). El cemento es yesífero y, en menor proporción, calcáreo, mientras que la matriz es clorítica. Cabe destacar, la importante presencia de biotita, como accesorio. Debido a estas características petrológicas, sensiblemente diferentes a las de las areniscas de las unidades 10 y 11 y puesto que solamente se encuentran en el área sur-occidental de la hoja, creemos que el área fuente de esta unidad se halla ubicada al SO, en la Cordillera Ibérica.

Los materiales descritos en el sector septentrional pueden interpretarse como depósitos de llanura de inundación (Fig. 11 B) y los descritos en el sector sur-occidental como depósitos de áreas distales de abanico aluvial.

Ya que esta unidad cartográfica forma parte de la unidad Remolinos-Lanaja, se le atribuye una edad Aragoniense.

1.1.3.4. *Margas, arcillas y areniscas tabulares (13).* (Aragoniense)

Esta unidad está compuesta por margas con intercalaciones de arcillas, limos ocre y areniscas de grano fino con "climbing ripples" y a menudo con estratificación ondulada. En su parte superior, se intercalan los paleocanales de arenisca y las arcillas pertenecientes a la unidad 10. Afloran en el extremo sur-oriental de la zona, entre Las Pedrosas y la Sierra de Luna. La potencia evaluada en la serie de Las Pedrosas (07), es de unos 20 m. Se encuentran por encima de las margas de la unidad cartográfica 7

Representan facies de transición entre facies distales de abanico y facies lacustres.

Por criterios de correlación regional se le supone una edad Aragoniense.

1.1.3.5. *Margas con yeso nodular y calcisiltitas (14).* (Aragoniense)

Esta unidad aflora en el sector sur-occidental de la hoja, al pie del Monte de la Sora, en donde constituye el techo de la unidad Remolinos-Lanaja.

En la serie del Castillo de la Sora (05) tiene unos 15 m de potencia y consiste fundamentalmente en margas con intercalaciones centimétricas de margocalizas y de calcisiltitas con nódulos de yeso. También se intercalan capas de arenisca de grano muy fino y de espesor centimétrico, con estratificación lenticular. Estas facies pasan lateralmente hacia el este a facies margocarbonáticas que constituyen la unidad cartográfica (16).

De acuerdo con sus rasgos sedimentológicos pueden interpretarse como depósitos de margen de lago salino, desarrollados sobre una llanura lutítica distal (Fig. 11 F).

Por su posición estratigráfica se puede atribuir una edad Aragoniense a esta unidad.

1.1.3.6. *Margas y tablas de caliza (15).* (Aragoniense)

Esta unidad aflora en la mitad meridional de la hoja, al pie de los Montes de Castejón. En el área centromeridional forma la base de la unidad Remolinos-Lanaja. Tanto en el área de La Planaza, en la parte suroeste de la hoja, como en el área de Sierra de Luna, en la parte SE, su espesor oscila entre los 30 y los 40 m, evaluado en las series de Sierra de Luna (03) y del Castillo de la Sora (05). Consiste en una alternancia de margas azules, con capas de calizas micríticas y de margocalizas, que presentan un gran contenido organógeno y un espesor centimétrico. En la cartografía se ha diferenciado alguno de los niveles carbonatados como líneas de capa. En la zona de La Planaza, hacia la parte superior del tramo, se intercalan calcisiltitas con nódulos de yeso. Las intercalaciones de caliza aumentan de forma progresiva hacia el techo del tramo.

Las calizas pueden clasificarse como biomicritas, con un 30% de restos orgánicos y un 65% de fango micrítico. Los restos fósiles son de caráceas y ostrácodos. Algunas muestras se hallan recristalizadas y poseen porosidad fenestral.

Las características sedimentológicas de esta unidad permiten interpretarla como depósitos lacustre-palustres carbonatados (Fig 11 C y D).

Como a todos los niveles correspondientes a la unidad Remolinos-Lanaja, se atribuye una edad Aragoniense a esta unidad.

1.1.3.7. *Tablas de caliza y margas (16).* (Aragoniense)

Esta unidad representa el techo de la unidad Remolinos-Lanaja a lo largo de toda la parte meridional de la hoja, exceptuando el sector SO, donde el techo de la unidad está formado por las facies descritas en el apartado 1.1.3.5. Aflora sin interrupción, desde el extremo sur-oriental de la zona hasta el extremo sur-occidental, formando los primeros resaltes importantes de los Montes de Castejón, como el Cerro de las Puñaladas, en el área de Sierra de Luna, o como La Planaza, en el área de los Montes de la Sora. Ha sido estudiada en las secciones de Sierra de Luna (03) y del Castillo de la Sora (05).

La unidad está formada por una alternancia de bancos de caliza y de margas gris-azuladas, entre las que se intercalan capas de arenisca planoparalelas en el sector de Sierra de Luna. El espesor de las tablas de caliza, varía entre 30 y 80 cm. La potencia de los niveles margosos oscila entre 50 cm y 3 m. Las capas de arenisca tienen laminaciones paralelas y "ripples"; probablemente fueron depositadas por flujos turbidíticos. En la serie del Castillo de la Sora, las calizas presentan algún nódulo de yeso. La parte superior de esta serie margocarbonatada, hacia el SO, pasa transicionalmente a las facies margo-yesíferas de la unidad 14.

Petrográficamente, las calizas son biomicritas con restos de ostrácodos y caráceas. Tienen porosidad fenestral y recristalización.

Estos sedimentos se interpretan como depósitos lacustres en etapas de expansión del lago (Fig. 11 D), con etapas de influencia fluviolacustre, representadas por las capas turbidíticas.

Por su posición estratigráfica se atribuye a esta unidad una edad Aragoniense.

1.1.4. **Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de La Sora**

Esta unidad genético-sedimentaria aflora extensamente en el sector meridional, estando formada por los materiales fundamentalmente margo-carbonáticos que constituyen el Monte de La Sora y sus equivalentes laterales al SE, que configuran la parte media de los Montes de Castejón. En el sector septentrional únicamente aflora en el Cerro de La Monlora.

En la parte sur-oriental de la hoja la base de la unidad está formada por margas con interca-

laciones de capas de limos ocre y calizas de origen lacustre-palustre y, en el sector sur-occidental por niveles lutítico-areniscosos, de coloración rojiza, correspondientes a depósitos de abanico aluvial distal que se apoyan sobre los materiales margo-evaporíticos que, en este sector, forman el techo de la unidad Remolinos-Lanaja (Fig. 8). Por encima de estos niveles basales la unidad está compuesta en toda la hoja, por una alternancia de tramos margosos y de tramos calcáreos, de origen lacustre-palustre, culminando con un importante nivel calcáreo (Fig. 8) que constituye el Monte de La Sora y que se sigue sin interrupción hasta el extremo sureste de la hoja, donde se acuña, cerca del límite con la hoja de Remolinos. En la zona de La Sora, entre los tramos margosos, se intercalan niveles de coloración rojiza y de composición silicilástica en la parte media de la unidad (Fig. 8). En esta misma zona, los tramos margosos contienen niveles con nódulos de yeso, sobre todo en la parte inferior, y también niveles de caliza.

En resumen, en la parte meridional de la hoja, la unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de La Sora, está formada por facies margo-carbonáticas de origen lacustre-palustre, exceptuando su base en sector SO, que está compuesta por facies aluviales distales. En este mismo sector, la parte inferior de la unidad, está constituida por facies margo-evaporíticas de margen de lago salino.

Por el contrario, en el sector septentrional, esta unidad genético-sedimentaria, únicamente está representada por los materiales terrígenos que constituyen la parte superior del Cerro de La Monlora. Se pueden distinguir tres tramos: tanto el tramo inferior como el superior, están formados por facies predominantemente canalizadas de abanico aluvial distal y el tramo intermedio por facies lutíticas de llanura de inundación (Fig. 8).

En la zona de La Monlora, la potencia de la unidad es de 105 m. En el sector meridional, tanto en la serie de Sierra de Luna (03), como en la del Castillo de La Sora (05), su potencia es de 110 m.

El límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria en el norte se sitúa en el contacto entre las facies terrígenas que forman la base de esta unidad y las facies lutíticas del techo de la unidad Remolinos-Lanaja. En el sector sur se encuentra en el contacto existente entre las facies carbonáticas y margo-evaporíticas de la parte superior de la unidad infrayacente y las facies margosas y terrígenas que constituyen la base de esta unidad.

La distribución de facies de la unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de La Sora en la Cuenca del Ebro puede observarse en la figura 9.

La edad de esta unidad es, probablemente, Aragoniense medio, ya que, dentro de la hoja de Lanaja se ha podido datar la suprayacente unidad de Sierra de Lanaja-Montes de Castejón como Aragoniense medio-superior.

Los materiales que configuran esta unidad, dentro de la hoja, forman parte de la Fm. Uncastillo (Soler y Puigdefàbregas, 1970) y de la Formación Alcubierre (Miembro Castejón) (Quirantes, 1969).

En la presente hoja, se han distinguido las siguientes asociaciones de facies dentro de esta unidad:

EVOLUCION DE LAS UNIDADES SIERRA DE PALLARUELO-MONTE DE LA SORA Y SIERRA DE LANAJA -MONTES DE CASTEJÓN

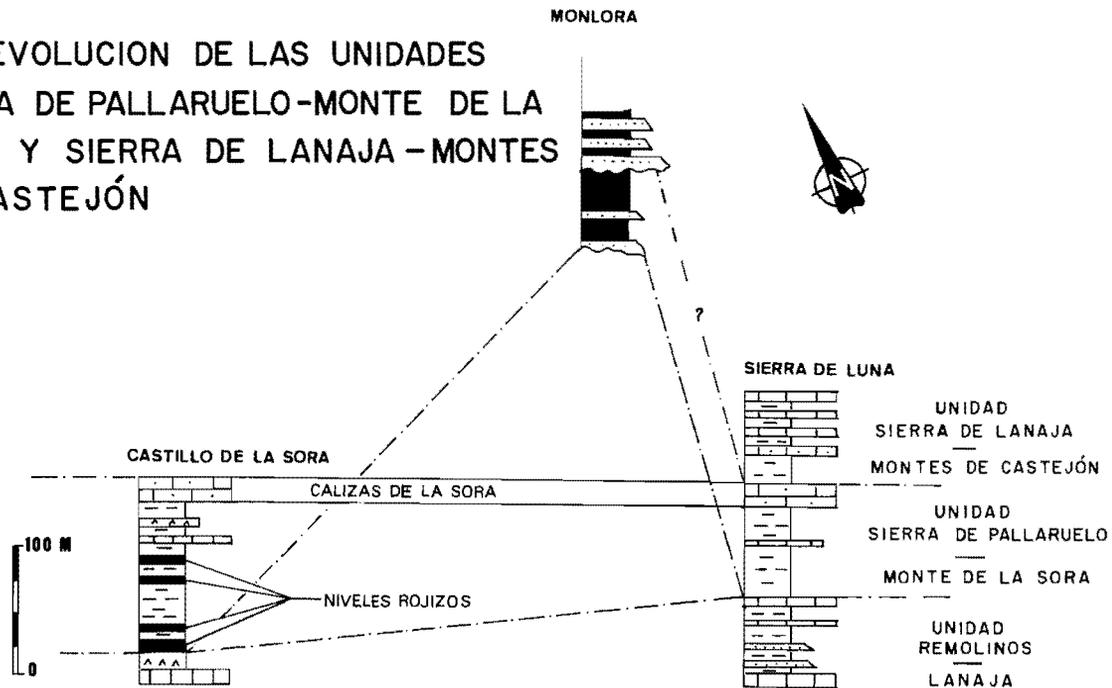


Fig. 8. Evolución de las unidades Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora y Sierra de Lanaja-Montes de Castejón en la hoja de Ejea de los Caballeros

1.1.4.1. *Paleocanales de arenisca y arcillas (17).* (Aragoniense)

Esta unidad solamente aflora en lo alto del cerro de La Monlora, donde tiene una potencia de 105 m. Como se ha mencionado anteriormente, está formada por tres tramos principales: a) un tramo inferior predominantemente arenoso de 15 m de potencia, b) un tramo intermedio pelítico de 60 m de potencia y c) un tramo superior fundamentalmente arenoso, cuya potencia es de 30 m.

El primer y el tercer tramo están compuestos por una alternancia de areniscas y de arcillas, con predominio de las primeras. Las areniscas son de grano medio y se organizan en bancos de hasta 4 m de espesor. Muestran superficies de reactivación que individualizan cuerpos arenosos con gradación lateral y vertical de estructuras consistente en: estratificación cruzada de surco, estratificación cruzada planar y "ripples" de corriente. También exhiben superficies de acreción lateral. Entre las arcillas y sobre todo en la parte superior del último tramo, se intercalan capas de arenisca planoparalelas, de grano medio y de hasta unos 50 cm de espesor, normalmente masivas, pero ocasionalmente se observan laminaciones paralelas y "ripples".

El tramo intermedio, está compuesto por margas y arcillas con intercalaciones de capas de areniscas de grano fino de 10 a 40 cm de espesor con "climbing ripples". En la parte media del tramo se encuentran cuerpos arenosos canaliformes de 70 cm de espesor con estratificación cruzada planar y, ocasionalmente, superficies de acreción lateral. Hacia la parte superior, existen intercalaciones de calcisiltitas y de capas de limos, con estratificación lenticular.

Las areniscas pueden clasificarse como litarenitas con un 30% de clastos cuarcíticos y un 20% de clastos calcáreos. El cemento es calcáreo y yesífero y la matriz es clorítica.

En las margas que constituyen el 2º tramo, se ha recogido e identificado: *Chara notata* GRAMB. y PAUL, *Nitellopsis (Tectochara) meriani* L. y N. GRAMB., *Candona praecox* STRAUB, *Rhabdochara* sp., gasterópodos (*Helix*, *Planorbis* y otros) y microfósiles resedimentados del Paleoceno y Eoceno.

Las capas de arenisca descritas para el primer y el tercer tramo pueden interpretarse como depósitos de "point bar" de ríos meandriformes en donde las superficies de reactivación individualizan a diversas "scroll bars". Los materiales que constituyen el tramo intermedio, fundamentalmente corresponden a facies de desbordamiento y a facies fluviolacustres.

Por la posición estratigráfica de esta unidad, dentro de la serie miocena, se le puede asignar una edad Aragoniense medio.

1.1.4.2. *Margas, areniscas, arcillas y tablas de caliza (18).* (Aragoniense)

Esta unidad aflora en la parte meridional de la hoja. Su potencia, estimada en las series del Castillo de la Sora (05) y de Sierra de Luna (03), es de unos 80 m. Como se ha comentado con anterioridad, no existe una conexión física directa, entre estos materiales y los descritos en el epígrafe anterior.

Es una unidad fundamentalmente margosa que incluye intercalaciones de margocalizas, cali-

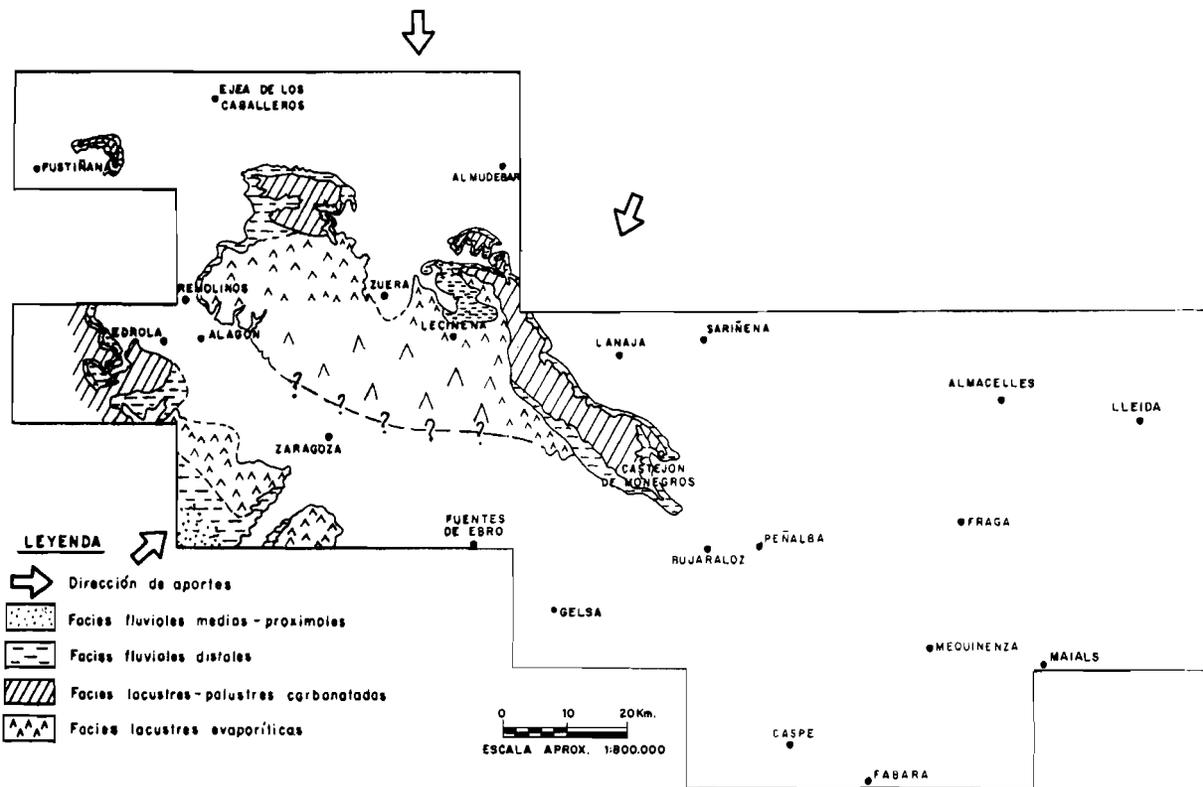


Fig. 9. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora

zas micríticas y calcisiltitas con estratificación ondulada y lenticular. En la parte inferior y media del tramo se encuentran varios niveles limo-arcillosos de coloración ocre.

En el sector de La Sora, al suroeste de la hoja, las margas correspondientes a este nivel contienen, ocasionalmente, yesos nodulares. En la parte media de este tramo margoso se intercalan dos niveles terrígenos rojizos compuestos por limos y arcillas con intercalaciones de capas de arenisca de un espesor máximo de 40 cm. Algunas de éstas últimas ofrecen un aspecto masivo, pero otras incluyen "climbing ripples". En la parte superior de esta unidad se encuentran intercalaciones de calizas micríticas, alguna de las cuales tiene un espesor de 80 cm.

Del estudio petrográfico de las muestras, se observa que las areniscas corresponden a litarenitas de grano muy fino; aproximadamente contienen un 30% de clastos de cuarzo y un 25% de clastos calcáreos. La matriz es clorítica y el cemento es calcáreo y yesífero. Las areniscas que constituyen los tramos rojizos descritos, poseen unas características petrográficas distintas, ya que tienen un 47% de clastos cuarcíticos y un 12 % de clastos de feldespatos, frente a un 8% de clastos calcáreos. Las capas de caliza corresponden a biomicritas con restos de caráceas y de ostrácodos. Algunas de las muestras se hallan recristalizadas.

En las margas pertenecientes a esta unidad, se ha identificado: *Chara notata* GRAMB. y PAUL, *Chara* sp. 7, *Potamocypris gracilis* SIEBER, *Candona procera* STRAUB, *Darwinula* aff. *stevensoni* BRADY y ROBERTSON, *Limnocythere (Paralimnocythere)* cf. *rostrata* STRAUB, gasterópodos (*Paludina*), dientes de peces y microfósiles resedimentados del Eoceno.

Los sedimentos de esta unidad se depositaron, probablemente, en un medio lacustre-palustre, con etapas de influencia fluvial.

Por criterios de correlación estratigráfica regional se asigna a esta unidad una edad Aragoniense medio.

1.1.4.3. Margas, calcisiltitas y calizas con yesos nodulares. Areniscas y arcillas rojizas (19). (Aragoniense)

Estas facies afloran únicamente en el sector SO, donde forman la base de la unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora.

La base de esta unidad cartográfica, está compuesta por una alternancia de limos y de arcillas rojizas, entre las que se intercalan capas de arenisca de un espesor máximo de 50 cm; algunas de éstas últimas se encuentran bioturbadas y no se observan estructuras sedimentarias primarias, pero es frecuente la presencia de "climbing ripples". La parte superior de la unidad está formada por margas con abundantes nódulos de yeso.

En el microscopio se puede observar que las areniscas tienen un 47% de clastos cuarcíticos y un 12 % de clastos de feldespatos, frente a un 8% de clastos calcáreos.

De acuerdo con las características sedimentológicas descritas los niveles rojizos de la base de

la unidad pueden interpretarse como depósitos aluviales distales, en los que predominan las facies de llanura de inundación, mientras que las margas con nódulos de yeso corresponden a depósitos de margen de lago salino.

Dado que esta unidad cartográfica, pertenece a la unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de La Sora, se le atribuye una edad Aragoniense.

1.1.4.4. *Calizas micríticas, calizas detríticas, calcisiltitas y margas (20).* (Aragoniense)

Esta unidad tiene un carácter margo-carbonatado y aflora a lo largo de la parte meridional de la hoja, correspondiendo a las calizas que constituyen el Monte de la Sora.

Consiste en una alternancia de margas, calcisiltitas, calizas detríticas y calizas micríticas. En la carretera que une Sierra de Luna con Castejón de Valdejasa el conjunto tiene 50 m de potencia, medidos en la sección de Sierra de Luna (03). Dentro de esta unidad pueden distinguirse ciclos elementales de facies, que están compuestos de base a techo por: 1) un tramo de margas, 2) calcisiltitas con estratificación lenticular, 3) calizas estromatolíticas, 4) calcarenitas de grano fino con superficies de reactivación y 5) calizas micríticas organógenas. Cabe señalar, que raras veces estos ciclos se hallan completos. Pueden interpretarse como ciclos de somerización desarrollados por el proceso de colmatación de un sistema lacustre con cierta influencia fluvial.

Las calizas pueden clasificarse como biomicritas con restos de caráceas y de ostrácodos. Presentan un pequeño contenido en material siliciclástico de grano fino y, ocasionalmente, tienen porosidad móldica y vacuolar. Algunas muestras corresponden a pelmicritas.

En los tramos margosos se ha identificado: *Chara notata* GRAMB. y PAUL, *Candona praecox* STRAUB, gasterópodos (*Planorbis*, *Helix* y otros) y opérculos de gasterópodos (*Bythinia*).

Se atribuye una edad Aragoniense a esta unidad por criterios de correlación regional.

1.1.5. **Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón**

Esta unidad genético-sedimentaria aflora únicamente en el sector sur-oriental de la hoja, en las zonas topográficamente más elevadas de Los Montes de Castejón en donde está representada por una serie margo-carbonatada depositada en un ambiente lacustre-palustre (Fig. 8).

Dentro del área únicamente aflora la parte inferior y media de la unidad, cuya potencia se ha evaluado en la serie de Sierra de Luna (03) en unos 75 m.

La base de la unidad está compuesta por un tramo fundamentalmente margoso de unos 20 m de potencia que no ha sido diferenciado en la cartografía, debido a que en algunas zonas de relieve pronunciado su representación gráfica era de gran dificultad. En la base de este tramo margoso, se encuentran facies limosas de coloración ocre que se han interpretado como depósitos de abanico aluvial muy distal.

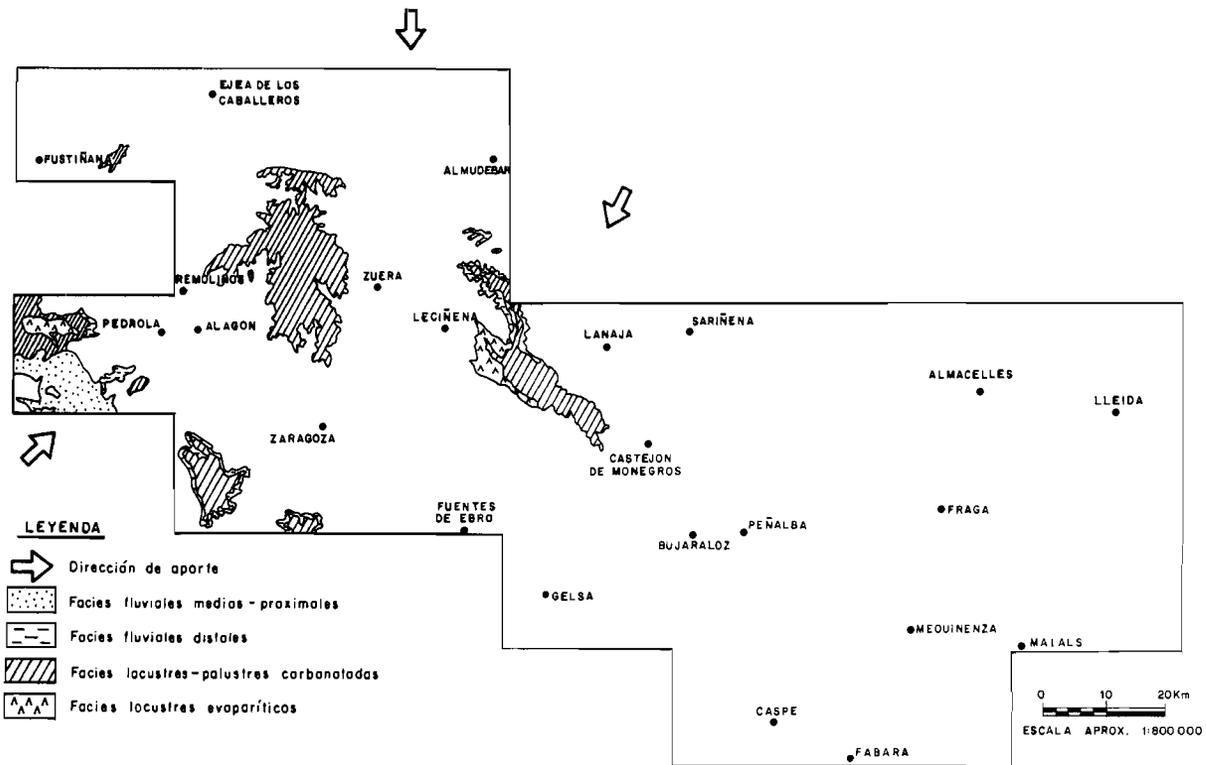


Fig. 10. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Sierra de Lanaja-Montes de Castejón

El límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria corresponde al contacto entre las calizas del techo de la unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de La Sora y los limos ocreos de la base de esta unidad.

En las áreas próximas: hojas de Fustiñana, y Remolinos, la unidad está compuesta, al norte, por facies detríticas correspondientes a depósitos de orla de abanico, en su base, y por calizas y margas de origen lacustre-palustre en su parte superior. Hacia el SO de este mismo sector, concretamente hacia la hoja de Pedrola, la unidad está compuesta únicamente por yesos y margas correspondientes a depósitos de margen de lago salino y de lago salino (Fig. 10).

No existe ningún yacimiento de vertebrados en las áreas vecinas que permita acotar la edad de esta unidad. En el sector central de la cuenca (hoja de Lanaja), se encuentran dos yacimientos: Puigladrón (Cuenca, 1991b), situado en la parte media de la unidad que sólo permite acotar su edad entre el Mioceno medio y el Mioceno superior; y el yacimiento del Barranco de San Benito (Azanza, com. pers.) localizado hacia la parte media-superior de la unidad, en donde se han estudiado restos de macromamíferos que permiten atribuirle una edad comprendida entre el Aragoniense medio y el superior.

Los materiales que configuran esta unidad, dentro del territorio estudiado, forman parte de la Fm. Alcubierre (Miembro Castejón) (Quirantes, 1969).

1.1.5.1. *Alternancia de margas y calizas (21).* (Aragoniense)

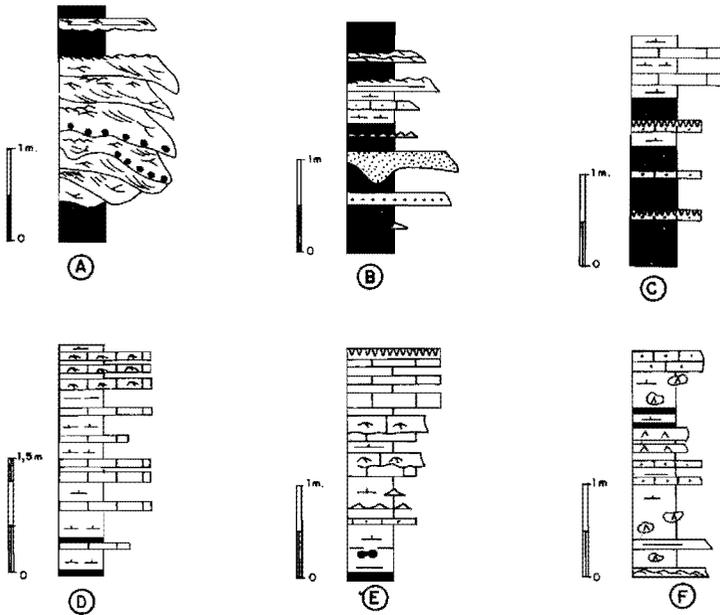
Esta es la unidad más joven del Terciario y aflora en las áreas más elevadas topográficamente de la hoja. Tiene una potencia mínima de 80 m estimada entre el Corral de la Contienda, situado en la carretera que une Sierra de Luna y Castejón de Valdejasa, y el Cubilar Hondo.

La parte inferior de la unidad es un tramo fundamentalmente margoso, de 20 m de potencia con intercalaciones de limos de coloración ocre en la base. La parte superior está compuesta por una alternancia de calizas, margocalizas y margas. Los bancos de calizas tienen un espesor máximo de 1 m, y, a menudo, son detríticas, presentando superficies de reactivación. Dentro de la serie se observa una alternancia de tramos de unos 10 m de potencia en los que dominan los niveles de caliza y otros en los que predominan las margas. Se observan también ciclos elementales de facies, similares a los descritos para la unidad 20.

Las calizas pueden clasificarse como biomicritas con caráceas y ostrácodos. Casi en todas las muestras se observa una cierta recristalización y, en alguna de ellas, porosidad móldica y vacuolar. Tienen un pequeño contenido en material siliciclástico de grano fino.

Dentro de la unidad, se han identificado los siguientes fósiles: *Chara notata* GRAMB. y PAUL, *Darwinula stevensoni* BRADY y ROBERTSON, gasterópodos (*Planorbis* y *Helix*) y microfósiles resedimentados del Paleoceno y del Eoceno.

De acuerdo con sus características sedimentológicas los materiales que constituyen esta unidad pueden interpretarse como depósitos lacustres con influencia fluvial, excepto los niveles



- A - FACIES DE RELLENO DE PALEOCANALES DE RIOS MEANDRIFORMES. BARRAS DE MEANDRO
 B - FACIES DE LLANURA DE INUNDACION
 C - SECUENCIAS DE FACIES PALUSTRES
 D - SECUENCIAS DE FACIES LACUSTRES DE LAS 3 UNIDADES INFERIORES
 E - SECUENCIAS DE FACIES LACUSTRES DE LAS 2 UNIDADES SUPERIORES
 F - SECUENCIAS DE FACIES DE MARGEN DE LAGO SALINO

LEYENDA

	} ARENISCAS		YESOS NODULARES		LAMINACION PARALELA
			ESTRATIFICACION CRUZADA EN SURCO		ESTRATIFICACION WAVY
	} CALIZAS		ESTRATIFICACION CRUZADA PLANAR		ESTRATIFICACION LINSÉN
			RIPPLES DE CORRIENTE		vvvvv
	} PELITAS		RIPPLES ASCENDENTES		NODULOS DE SILEX
			RIPPLES DE OSCILACION		●●●

Fig. 11. Secuencias de facies representativas de los ambientes deposicionales que se desarrollan en la hoja de Ejea de los Caballeros (27-12)

de limos ocreos de su base que probablemente corresponden a depósitos distales de abanico aluvial.

1.2. CUATERNARIO

Dada la ausencia de dataciones de los depósitos cuaternarios presentes en esta hoja, se consideran pleistocenos al conjunto de sedimentos superficiales existentes que no están relacionados con la dinámica actual, y holocenos al resto de las formaciones. La cronología establecida de los depósitos es por tanto aproximativa y basada exclusivamente en las relaciones espaciales entre los distintos depósitos.

1.2.1. Pleistoceno

1.2.1.1. *Costras calcáreas* (22). Plioceno-Pleistoceno

Esta unidad consiste en una potente costra calcárea que se encuentra en los relieves más altos del Monte de Castejón y recubriendo la loma de la Plana del Rollizo (750 m de altura).

El espesor de esta costra es difícil de estimar puesto que su contacto inferior es difuso y el techo está erosionado y roturado por las labores de labranza. En conjunto y como aproximación se puede estimar su potencia en algo más de 3 metros.

De muro a techo se pueden distinguir tres facies cuyos límites son transicionales y difusos.

La base de la costra está formada por un tramo en el que las margas grises de la unidad Alcubierre incluyen grumos calcáreos blanquecinos y micríticos; estos grumos se hacen más frecuentes en la parte superior, hasta constituir un amasijo pulverulento.

Hacia arriba se encuentra un tramo de transición formado por una facies nodular constituida por una pasta micrítica en grumos, con grietas circungranulares delimitando nódulos y rellenas de óxidos de hierro. Presenta porosidad fenestral rellena de calcita esparítica. Como minerales secundarios se observa cuarzo de tamaño limo con huellas de corrosión, arcillas y yeso ocupando huecos.

El techo de esta costra calcárea está formado por una facies bandeada constituida por grumos y nódulos micríticos intercaladas con bandas de calcita esparítica y microesparítica; algunos de estos nódulos presentan estructuras pisolíticas. Existen estructuras pseudo-estalactíticas en la base de las bandas, óxidos de hierro tapizando las grietas y arcillas y cuarzo limoso corroído, como minerales secundarios.

El origen de este depósito es, por lo tanto, eluvial o residual, formado por alteración y carbonatación del sustrato. Por su localización y características puede considerarse una edad Plioceno terminal o comienzo del Pleistoceno (Zuidam, 1976).

1.2.1.2. *Conglomerado de cantos y gravas polimícticos, costras calcáreas a techo. Terrazas (23). Pleistoceno*

Esta unidad corresponde a un nivel de acumulación fluvial que se encuentra situado en el alto de La Monlora (657 m) y recubre totalmente la explanada de su cima.

La potencia total del depósito es de unos 5 ó 7 metros y está formado por una acumulación de cantos y gravas, bien redondeados, de tamaño normalmente inferior a los 10 cm. La imbricación de los cantos indica una procedencia norte. La composición de los cantos es muy variada apareciendo cantos y gravas de areniscas marrones, calizas grises, beige y negras, calizas marmóreas, líticas, areniscas triásicas, etc.; el espectro litológico es por lo tanto similar al señalado por Nichols (1984) para los conglomerados miocenos de Biel.

A techo de los niveles de conglomerados y gravas se encuentra una costra calcárea de 1,5 a 2 metros de potencia, presentando distintas facies y estructuras (brechoides, pulverulenta, acin-tadas o bandeadas y estructuras en "tepee").

Se supone una edad Pleistoceno en general para este depósito, sin descartar la posibilidad (dada su altura sobre el cauce actual) de que pudiera ser Plioceno terminal.

1.2.1.3. *Cantos y gravas polimícticas, arenas y limos. Terrazas (29, 30, 31, 32). Pleistoceno*

Los depósitos de terrazas fluviales pertenecientes a los sistemas fluviales de los ríos Arba de Biel y Arba de Luesia están constituidos por cantos y gravas de composición idéntica a la señalada en el apartado anterior. Se observan sobre todo morfologías correspondientes a depósitos de barras de canal de ríos de tipo anastomosado pero existen también depósitos ordenados en cuerpos de tipo "point-bar". También se encuentran intercalaciones y lentejones arenosos y limosos. El espesor de los depósitos de terraza es de 2 a 3 metros de potencia media.

Al no existir dataciones o correlaciones que permitan una mayor precisión se consideran estos depósitos como Pleistocenos en general.

1.2.1.4. *Gravas y cantos calcáreos, arenas, limos y arcillas. Glacis (24, 25, 26, 27). Pleistoceno*

Los glacis que descienden de los Montes de la Sora y de Castejón hacia el Valle de los Arba, presentan recubrimientos detríticos compuestos por gravas y algunos cantos de calizas terciarias, angulosos, de tamaño generalmente pequeño (2-3 cm de moda) y homométrico pero con presencia de algún canto de gran tamaño (hasta 0,5 metros). Presentan estratificaciones cruzadas e intercalaciones de arenas, limos y arcillas y algo de matriz limo arcillosa. El espesor de estos depósitos es de 1 a 4 metros, pero localmente se superan los 10 metros de potencia (como por ejemplo al sureste del Corral de Culete).

1.2.1.5. *Cantos y gravas polimícticos, arenas y limos. Depósitos aluviales y fluviales del Piedemonte Pirenaico (28). Pleistoceno*

Se han diferenciado estos depósitos del resto de las terrazas por dos razones fundamentales:

en primer lugar por su extensión y potencia y en segundo lugar por su significado geomorfológico (véase capítulo de geomorfología).

Este depósito se extiende en el interfluvio de los ríos Riguel y Arba, al oeste de Ejea de los Caballeros y hasta la población de Sádaba, conformando el Saso del mismo nombre. Tiene una extensión algo superior a los 100 km² (Gracia, 1985) y una potencia media de 3 a 4 metros. Está compuesto por cantos y gravas polimícticas dispuestas en barras de canales de tipo anastomosado. Aparecen también intercalaciones y lentejones de limos y arenas.

Los cantos son de calizas y areniscas de amplio espectro litológico, comparable a los de las terrazas anteriormente descritas.

1.2.2. Holoceno

1.2.2.1. *Cantos y gravas polimícticos, arenas, limos y arcillas. Fondos de valles (33).* Holoceno

Los depósitos de fondo de valle actuales son poco extensos; están normalmente encajados en terrazas más antiguas y tienen un escaso desarrollo de llanuras de inundación amplias. Al norte de Ejea de los Caballeros los depósitos de fondo de valle del Río Arba de Luesia son indistinguibles de la terraza superior, con la cual se solapa en perfecta continuidad.

Los ríos actuales transportan cantos y gravas de naturaleza polimíctica, similares a los descritos en las terrazas, y depositan limos y arenas en las llanuras de inundación contiguas al canal.

1.2.2.2. *Limos, arcillas, arenas y gravas. Depósitos aluvial-coluvial y rellenos de "vales" (34). Limos, arcillas, arenas y gravas. Depósitos de conos de deyección (35). Arcillas y limos. Depósitos endorreicos (36). Gravas, cantos, arenas y arcillas. Coluviones (37).* Holoceno

El resto de los depósitos superficiales actuales o subactuales presentan características similares en cuanto a su composición litológica (limos, arcillas con algo de arenas y algún nivel de gravas) y a su génesis, estando ligados a los procesos morfogenéticos de clima semiárido existentes en la zona (arroyada y gravedad fundamentalmente). Los criterios de diferenciación entre los distintos tipos de depósitos señalados son, por tanto, fundamentalmente morfológicos.

2. TECTONICA

2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La Hoja de Ejea de los Caballeros (27-12) está situada en el sector central de la Cuenca del Ebro.

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

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

La edad del relleno sedimentario, muestra una pauta clara: los depósitos más antiguos se ubican en los sectores septentrional y oriental y los más modernos en las áreas meridionales y occidentales. Esto es un reflejo de la evolución de la deformación en el orógeno, hacia el antepaís y progresivamente más moderna de E a O.

La hoja de Ejea de los Caballeros se encuentra en el sector central de la Cuenca del Ebro, próxima al borde pirenaico, sector que presenta una estructura geológica muy sencilla con capas subhorizontales o con buzamientos máximos de 8 grados que no registra apenas deformaciones a pesar de su proximidad al orógeno pirenaico.

2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

Los materiales terciarios que afloran en la hoja son en su totalidad de edad miocena, distinguiéndose en ella dos dominios litológicos bien definidos: el sector meridional, con predominio de niveles de calizas de gran extensión y disposición subhorizontal, y el resto de la hoja, constituida por lutitas y areniscas con algún tramo evaporítico.

La hoja presenta una estructura general consistente en un ligero basculamiento de las capas de 1-2° hacia el sur. Esta inclinación se detecta con dificultad en la parte septentrional debido a su litología detrítica y la falta de afloramiento, debido al intenso recubrimiento cuaternario. Sin embargo, esta disposición de las capas queda trastocada hacia la parte centro-meridional de la hoja, ya que los buzamientos hacia el sur alcanzan valores de hasta 6-8°. En posiciones más meridionales la serie vuelve a adquirir una inclinación semejante a la del norte.

La orientación de esta flexura (E-O a ONO-ESE) es visiblemente paralela a la estructura repre-

sentada en el borde oriental como “falla supuesta”, que no responde exactamente a un solo accidente, sino que representa un conjunto de anisotropías más o menos extendidas en su entorno afectando a materiales miocenos.

El análisis de la fracturación a escala microestructural, tanto en materiales miocenos como cuaternarios, muestra orientaciones anómalas de las diaclasas respecto al campo de esfuerzos que Simón (1989) considera generalizado en la mayor parte de la Cuenca del Ebro y la Cordillera Ibérica. Estas orientaciones pueden responder a situaciones de desviaciones de las trayectorias de esfuerzos coherentes con la presencia de fallas mayores de orientación ESE a SE preexistentes en el sustrato, según los modelos de Simón *et al.* (1988). El hecho de que estas anomalías se registran a lo largo de una franja de terreno alineada y contigua con el área donde se localizan los principales basculamientos de la serie miocena apoya la posible existencia de alguna falla de dirección ESE en el sustrato pre-Mioceno.

2.3. EVOLUCION TECTONICA

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

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

Los datos de subsuelo (Riba *et al.* 1983) indican que el eje de la Cuenca del Ebro sufre un desplazamiento de norte a sur desde el Paleoceno al Mioceno superior, así como una traslación continua del depocentro desde Cataluña a Los Monegros. También se observa que durante el Eoceno y el Oligoceno existen dos depocentros, uno en Navarra-La Rioja y otro en Cataluña, separadas por un alto relativo situado en Los Monegros. A partir del Mioceno el depocentro se sitúa en la zona de Los Monegros-Bajo Aragón al tiempo que cesa la sedimentación en la parte catalana. En la parte occidental la sedimentación continúa durante gran parte del Mioceno a favor de los surcos de Navarra y Rioja, 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 inferior (emplazamiento de los mantos del Montsec, Cotiella y Pedraforca) y en el Oligoceno tiene lugar el mayor desplazamiento hacia el sur de la vertiente surpirenaica sobre el autóctono de la Cuenca del Ebro. La deformación migra hacia el oeste, de manera que en el Pirineo oriental y central los primeros indicios de deformaciones compresivas del Pirineo son de edad Cretácico superior, y desaparecen antes del Mioceno, mientras que en la zona occidental (Rioja) existen cabalgamientos cuya actividad se prolonga al menos hasta el Mioceno medio (Vindoboniense).

Aunque el orógeno pirenaico ha sido el que mayor incidencia ha tenido en la configuración y evolución de la Cuenca del Ebro, las demás cadenas periféricas han ejercido también cierta influencia sobre la misma, aunque quizás más restringida a los bordes. Las relaciones entre tec-

tónica y sedimentación han permitido a Anadón *et al.* (1986) interpretar la estructura de los Catalánides y la Cuenca del Ebro como el resultado de una tectónica de desgarre convergente a lo largo de fallas sinistras escalonadas que afectan al basamento. Durante el Paleógeno el borde de la cuenca ha sufrido translaciones, y la última posición del mismo está señalado por una importante sedimentación conglomerática con una o varias discordancias progresivas. La edad de la deformación varía, siendo más reciente en el SO y más antigua en el NE (Anadón *et al.*, 1979). En lo que respecta al borde ibérico, también registra actividad tectónica con repercusiones en la cuenca, sobre todo detectada en los extremos NO (frente de las sierras de Cameros y Demanda) y sureste (enlace con los Catalánides).

Existen indicios de actividad compresiva incluso hasta el Mioceno inferior en el sector central de la cuenca. En etapas más recientes, un régimen distensivo generalizado da lugar a una fracturación y diaclasado que se manifiestan tanto en la Cuenca del Ebro como en la Cordillera Ibérica (Simón, 1989).

Durante el Mioceno y Plioceno tiene lugar una etapa de tectónica predominantemente extensional que afecta a la mayor parte del NE peninsular, aunque siguen existiendo indicios de actividad compresiva incluso hasta el Mioceno inferior en el sector central de la cuenca, y durante el Mioceno medio en la parte occidental. Este régimen tectónico originó en la parte oriental fosas distensivas frecuentemente controladas por fallas preexistentes que se sobreimponen a las estructuras de plegamiento de los Catalánides (fosas del Vallès-Penedés, Camp de Tarragona, ...). La influencia de esta tectónica extensional excede con frecuencia el dominio de las fosas, y se manifiesta en los depósitos terciarios del borde oriental de la cuenca mediante enjambres de fallas normales.

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

2.4. NEOTECTÓNICA

Hacia el Mioceno superior-Plioceno se desarrolló en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque apenas se manifiesta por fallas cartográficas, sí produjo un sistema de diaclasado bastante homogéneo y, según se observa localmente en algunas de las hojas vecinas, fallas normales de pequeño salto (Gracia y Simón, 1986). El campo de esfuerzos sería una distensión tendiente a radial con σ_3 próximo a E-O, lo que da lugar a una familia principal de diaclasas en torno a N-S. El intercambio de σ_2 y σ_3 en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar a una familia secundaria en dirección E-O. En ciertas áreas se produjo una desviación de las trayectorias de esfuerzos por efecto, probablemente, de fallas mayores de dirección ESE a SE, con las que posiblemente también estaría relacionado el basculamiento del Mioceno observado en la parte central de la Hoja.

Resulta difícil acotar en el tiempo los distintos fenómenos de deformación registrados. Sin

embargo, parece que una parte de la fracturación distensiva se desarrolló ya con anterioridad a la superficie de erosión que arrasa el techo de la serie miocena, y a la cual se asociaría la costra calcárea brechoide de la Plana del Rollizo (atribuida al Plioceno). Así se desprende del hecho de que, en otras plataformas calcáreas del centro de la Cuenca del Ebro (Montes de Castejón, Muela de Zaragoza), algunas de las fallas normales con desplazamiento sean arrasadas por dicha superficie. Esta última representaría un estadio morfogénético desencadenado, probablemente, como respuesta a los primeros movimientos de componente vertical que caracterizan la tectónica finineógena en todo el NE peninsular.

Durante el Plioceno y Cuaternario siguen produciéndose en muchos puntos fracturas SSE y ENE (y, en menor medida, ESE y NE), que muestran una coherencia bastante aceptable con el campo de esfuerzos reciente inferido de la fracturación que afecta al Mioceno. En al menos dos puntos de la hoja se observan fallas cartográficas de dirección E-O. Esta orientación coincide con la de la mayoría de las fallas pliocenas y cuaternarias de escala macroestructural detectadas en todo el sector occidental de la Cuenca del Ebro; todas ellas serían coherentes con un campo regional distensivo en el que σ_3 estaría orientado N-S, resultado idéntico al que se obtiene aplicando al método de análisis de los diedros rectos (Angelier y Mechler, 1977) a los datos de mecanismos focales existentes en la región de Pamplona (Simón *et al.*, 1989). Ello parece sugerir un intercambio de los ejes σ_2 y σ_3 también a escala regional al pasar del sector centro-oriental de la Cuenca del Ebro al occidental.

3. GEOMORFOLOGIA

3.1. DESCRIPCIÓN FISIOGRAFICA

La hoja de Ejea de los Caballeros se encuadra en la unidad fisiográfica y geológica de la Depresión Terciaria del Ebro. En un sentido amplio del término está situada en la unión de la subunidad fisiográfica del Somontano o Piedemonte Pirenaico (Alberto *et al.*, 1984), con los relieves de las Sierras Calcáreas Centrales, situados al sur de la hoja (Montes de Castejón y la Sora). El Somontano o Piedemonte Pirenaico es un surco deprimido situado entre los relieves de las Sierras Exteriores Pirenaicas (al norte) y las citadas Sierras Calcáreas Centrales de la Depresión del Ebro. Dentro del surco Somontano la "Hoya de Ejea" (Pellicer *et al.*, 1989) o Depresión Presomontana de las Cinco Villas, forma la zona de menor relieve del citado surco.

La precipitación media anual está comprendida entre los 500 y 400 mm y la temperatura media anual es de 14°C. El clima es mediterráneo, de carácter continental.

Los relieves orográficos principales se sitúan en el borde sur de la Hoja y constituyen los Montes de La Sora y de Castejón (Loma de La Plana del Rollizo 753 m, Los Frailes 762 m, Lomaza 766 metros).

Dos valles principales recorren el conjunto del territorio. El valle del río Arba de Biel penetra en la hoja por su extremo noreste y discurre siguiendo su primitiva dirección (norte-sur) hasta Erla; tuerce en dirección a Ejea de los Caballeros (oeste) y se junta en esta población con el río Arba de Luesia. El Arba de Luesia recorre la esquina noroeste del mapa y bordea por el sur la amplia llanada del Saso de Sádaba. Otros dos arroyos o barrancos importantes en el conjunto de la hoja son el de Lascanal (afluente del Luesia) y el de la Varluenga (afluente del Biel).

Como conjuntos fisiográficos peculiares y que merecen destacarse cabe señalar, en primer lugar, el conjunto de relieves constituidos por materiales detríticos que ocupan el noreste de la hoja (Monlora 657 m) y la amplia llanada situada al NO de Ejea (Saso de Sádaba).

3.2. ANÁLISIS GEOFORMOLÓGICO

3.2.1. Estudio morfoestructural

La composición y estructura geológica del sustrato es el primer condicionante del relieve a considerar, ya que permite comprender la distribución de los principales conjuntos orográficos.

Las dos características morfoestructurales a considerar en el desarrollo del relieve son la posición intermedia de la hoja con respecto a la distribución de facies sedimentarias terciarias de la Cuenca del Ebro, y la disposición subhorizontal de los estratos ligeramente basculados hacia el sur-suroeste.

En el borde norte y noreste de la hoja el sustrato terciario corresponde a materiales terrígenos, fundamentalmente areniscas, que forman un conjunto de importantes cerros y montes de laderas más o menos pronunciadas y relieves estructurales en mesetas de poco desarrollo. Cuando el contenido en arcillas aumenta en detrimento de la presencia de areniscas, el relieve

ve se modera en su energía, y las formas dominantes de origen estructural son los canales areniscosos. Si la presencia de niveles arenosos disminuye más, se pierde el control litológico, como ocurre en el NO y centro de la hoja, y es la presencia de depósitos superficiales el factor de control principal en la distribución del relieve.

La presencia de intercalaciones de niveles de calizas en las facies terciarias situadas al sur del río Arba de Biel, origina un conjunto de relieves en graderío que culmina en los Montes de la Sora y de Castejón,

Los depósitos de yesos terciarios son poco importantes en la hoja y su escaso desarrollo no permite caracterizar relieves asociados a estas litologías.

3.2.2. Estudio del Modelado

3.2.2.1. Laderas

Las laderas constituyen una parte importante del conjunto del paisaje y proveen de agua y sedimento a la red de drenaje, por lo que son elementos fundamentales en la comprensión del relieve. Dentro de la hoja, pueden apreciarse distintos tipos de laderas en función de su substrato y de los procesos erosivos presentes.

Los relieves de areniscas (cerros uniformes y relieves de paleocanales) originan laderas ruñiformes por infiltración del agua de lluvia (normalmente a través de las juntas presentes en las areniscas) y lavado del material arcilloso. Debemos señalar que este tipo de laderas no se ha representado como elemento morfológico independiente al quedar incluido como proceso de origen poligénico (en los cerros ruñiformes en areniscas) además de carecer de entidad cartográfica suficiente (en el caso de los relieves de paleocanales).

Los elementos de ladera de perfil rectilíneo aparecen asociados a los relieves de cerros cónicos y en ocasiones a las laderas entre terrazas encajadas. El resto de las vertientes presentan, en general, perfiles con segmentos basales cóncavos (que en función de la importancia del depósito han sido cartografiados como coluviones o como laderas regularizadas, siempre que han tenido una buena entidad cartográfica) que enlazan con depósitos de fondo de las "vales" y depósitos aluviales-coluviales. La parte superior de las laderas está, en general, constituida por relieves y escarpes estructurales, fluviales y poligénicos o por interfluvios recortando aristas más o menos agudas, como por ejemplo en los Montes de la Sora.

3.2.2.2. Formas fluviales

Para comprender correctamente la relación entre el relieve de la zona y las formas debidas a los procesos fluviales hay que considerar que los ríos de procedencia pirenaica (Arba de Luesia y Arba de Biel) constituyen un elemento "extrazonal" (Alberto *et al.*, 1984), sin relación con las condiciones climáticas de la hoja (mucho más áridas que las existentes en la zona pirenaica). Esta diferencia climática es más marcada en los cursos fluviales procedentes de la zona

axial pirenaica (Gállego, Aragón, Cinca) que en el caso que nos ocupa, pues las precipitaciones medias anuales en la cabecera de ambos ríos es de 800-900 mm (Sierra de Santo Domingo). Dentro de las formas fluviales "extrazonales" se ha señalado el complejo sistema de terrazas que desarrolla el río Arba de Biel en su valle. La complejidad de sus terrazas se debe a un continuo traslado de la posición del río a lo largo de su historia geomorfológica; traslado que en algunos casos es claramente atribuible a sucesivas capturas de la red principal por barrancos secundarios y al desarrollo de un nuevo curso fluvial.

Hay que considerar los siguientes factores para poder explicar la anomalía morfológica que constituye esta compleja distribución de terrazas.

En primer lugar la herencia de la carga sólida; tal y como se ha señalado en el capítulo de estratigrafía del cuaternario, gran parte de los cantos presentes en las terrazas provienen de las formaciones conglomeráticas terciarias situadas en la cabecera del río; esto, unido a las variaciones en la capacidad de transporte durante las sucesivas crisis climáticas cuaternarias, pudo condicionar momentos en los que la dinámica fluvial del río es insuficiente para poder movilizar sus propios aluviones. En estos momentos los arroyos y barrancos secundarios (libres del lecho de aluviones del río principal) pueden encajarse más rápidamente en el relieve y capturar al cauce principal. Este efecto es reconocible actualmente en la relación altitudinal entre el Arba de Biel y el barranco de la Varluenga (Perfil I-I').

En segundo lugar, otro factor que forzosamente ha tenido que influir en el desarrollo de las formas fluviales, es el aluvionamiento generalizado de la Depresión Presomontana de las Cinco Villas, en la "Hoya de Ejea", que tuvo que imponer un nivel de base local a los ríos afluentes a ella. Esto explica, por otra parte, el que los encajamientos entre los niveles sean mínimos y difíciles, por tanto, de interpretar. En el caso del Arba de Luesia, aguas arriba de Ejea de los Caballeros, el río es incapaz de dibujar un fondo de Valle bien definido y se solapan los depósitos unos a otros sin que existan escarpes intermedios.

Otros datos que indican importantes cambios en la dinámica erosiva, presumiblemente debidos a cambios climáticos y sin variación en el nivel local de base, se presentan en el apartado de formaciones superficiales.

Por último, y aunque no se han encontrado evidencias suficientes al respecto, la disposición del valle del Arba de Biel y su complicada morfología sugieren que pueden existir influencias neotectónicas en su desarrollo.

En conjunto se han distinguido cuatro niveles de terrazas en el valle, que junto con el nivel de acumulación fluvial de la Monlora, y el fondo actual, nos permiten señalar un total de seis momentos reconocibles en el desarrollo secuencial del valle del río Arba de Biel.

Los procesos fluviales "zonales" presentan características diferentes correspondientes a un sistema de erosión semiárido (Rodríguez Vidal, 1983 y 1986), con predominio de procesos de erosión intensa (cárcavas, "pipping", incisión lineal, arroyada) y sedimentación rápida por pérdida de la capacidad de transporte (reellenos de fondos de valles y "vales", depósitos aluvial-coluviales, conos de deyección de torrentes, depósitos de arroyada, fondos de ramblas).

3.2.2.3. *Formas endorreicas*

En general el endorreismo es un fenómeno frecuente en el valle del Ebro, pero que alcanza muy poco desarrollo en la hoja que nos ocupa. Es posible señalar dos focos puntuales de carácter semiendorreico ocupados por depósitos fundamentalmente limo-arcillosos.

3.3.3.4. *Formas antrópicas*

Aparte de las actividades agrícolas y ganaderas (que evidentemente no se indican en el mapa), se ha señalado como modificación antrópica importante del relieve la construcción del Canal de las Bârdenas.

3.2.2.5. *Formas poligénicas*

Bajo este epígrafe se describen algunas formas que implican la acción simultánea o sucesiva de procesos diversos.

Los procesos de carbonatación con formación de costras calcáreas ("caliches") se han señalado en la loma de la Plana del Rollizo (Montes de Castejón), pero también están presentes sobre los niveles de acumulación fluvial de la Monlora. Otros depósitos superficiales presentan cementaciones por carbonatación mas o menos importantes, pero no llegan a desarrollar costras de potencia y entidad cartográfica suficientes.

Al noroeste y oeste de Ejea de los Caballeros, y hasta la población de Sádaba (hoja nº 245), se extiende un importante depósito de características fluviales (ver apartado de estratigrafía del cuaternario), que por su significado geomorfológico y extensión, se ha diferenciado del resto de los depósitos fluviales. Estos depósitos, ya señalados por Alastrue (1953), han sido estudiados posteriormente por Gracia (1985), que los denomina "sistemas de glacis-terrazas". Este depósito pertenece a un sistema fluvial de canales de tipo anastomosado que "barre" extensas zonas de la depresión somontana y configura una amplia planicie deposicional. Por su morfología y posición geográfica se les denomina depósitos del piedemonte pirenaico.

Dada la confusión existente en la utilización del término "glacis" (ver Gallart, 1977 o Gonzalo Moreno, 1981), conviene precisar que se aplica en este trabajo para formas que se ajustan a su sentido descriptivo original y tienen carácter claramente "zonal" (en contraposición a los depósitos del piedemonte pirenaico con características claramente "extrazonales"). Los glacis presentes en la hoja de Ejea de los Caballeros se han labrado sobre los materiales mas débiles de la zona (facies margo-arcillosas fundamentalmente) y enlazan los relieves calcáreos situados al sur de la hoja con el valle principal de los Arba.

Las "val" o "vales" son valles rellenos de material detrítico cuyo origen es controvertido: para Zuidam (1976) su origen es 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). El resultado final de este relleno es la existencia de valles de morfología muy suave con un relleno de carácter limoso muy apto para el cultivo y en bastantes casos fuertemente incidido por la red de drenaje actual (por lo

que hay que suponer que el equilibrio acumulación- evacuación de estas “vales” es precario, o bien que la acumulación no es el proceso activo en la actualidad).

Cabe señalar que el uso tradicional de las “vales” como zona de cultivo, mediante aterrazamientos y bancales, ha tenido forzosamente que influir en los procesos de retención del relleno. La distinción entre rellenos de fondo de “vales” y depósitos aluvial-coluvial es meramente morfológica y está establecida en función de la pendiente longitudinal del “vale”, de su jerarquía en la red de drenaje y de la importancia mayor o menor del acarreo longitudinal de material.

En el capítulo de laderas ya se ha señalado el carácter ruiniforme de las vertientes de algunos relieves estructurales de areniscas y los procesos que originan estas laderas.

Dado el carácter mixto de estas formas estructural-laderas, hemos incluido los cerros ruiniformes como formas poligénicas.

3.2.3. Las formaciones superficiales

La selección de los distintos depósitos superficiales representados se ha realizado en función de tres criterios fundamentales: su composición litológica, su forma deposicional y su significado geomorfológico en el contexto del mapa y de la región.

Las características litológicas y sedimentológicas de los depósitos superficiales han sido expuestas en el capítulo de estratigrafía del Cuaternario, y las formas de relieves deposicionales han sido tratadas en el capítulo anterior, por lo que en este epígrafe se van a tratar brevemente algunos aspectos geomorfológicos de las formaciones superficiales no expuestos en los capítulos precedentes.

Los niveles de acumulación fluvial del alto de La Monlora se encuentran sobre un relieve culminante y su interpretación con eventos posteriores o anteriores, es difícil. Por su composición e imbricación de cantos proviene del norte, pero la extensión lateral y alcance de este depósito no es reconstruible.

Sin embargo en los glacis asociados al siguiente evento secuencial reconocible en el valle del Arba de Biel (i en el mapa geomorfológico), se encuentran algunos datos que permiten evaluar mejor los niveles de La Monlora (fig. nº 12 A). En la Plazana (suroeste de Ejea de los Caballeros) este glacis está compuesto por dos niveles de cantos y gravas superpuestos y un nivel arenoso-limoso intercalado. El nivel inferior de cantos y gravas muestra en su base una acumulación de cantos bien redondeados, polimícticos y en todo similares a los presentes en las terrazas del Biel y de La Monlora, el resto son cantos angulosos de calizas terciarias. Deducimos, por tanto, que simultáneamente al desarrollo de este glacis se desmantelaron depósitos fluviales contemporáneos o posteriores al de La Monlora, pero en cualquier caso anteriores al del propio glacis.

El nivel limo-arenoso intermedio del glacis de la Planaza (fig. nº 12) indica un brusco cambio en las condiciones de aporte de sedimento, pero sin variación del nivel de base local y por tan-

to solamente atribuible a causas climáticas. La presencia de cantos de calizas rosáceas muy corroídas por ataque químico en la base de la acumulación de grava superior confirma estos importantes cambios climáticos, asociados al desarrollo de este nivel.

Al sur de Ejea de los Caballeros y en Los Boarales (fig. nº 12 B), los depósitos de las terrazas contemporáneos al glacis de La Planaza, muestran asimismo tres niveles con condiciones energéticas bien distintas. El nivel basal está compuesto por 2 metros de gravas y cantos polimícticos dispuestos en barras de canales de un río de tipo anastomosado, el segundo nivel está formado por 1 m de arenas formando "point-bars" y encima se encuentran 1,5 m de gravas y cantos también organizadas en barras de meandro. Esta disposición de depósitos puede ser equivalente a la existente en los depósitos de glacis contemporáneos, o bien deberse a cambios dinámicos locales de otro tipo.

3.3. EVOLUCION DINAMICA

Una vez terminadas las fases de depósito miocenas, el establecimiento de la red fluvial del Ebro, como sistema de transporte y erosión exorreica hacia el Mediterráneo, produciendo un importante vaciado erosional, es el primer evento a considerar en la evolución del relieve de la región. Sin embargo, poco se puede decir de esta primera fase erosiva. El paso de régimen deposicional endorreico a erosión exorreica debió de producirse en el tránsito Mioceno-Plioceno (RIBA *et al.*, 1983) o quizás algo antes, aunque debido a la falta de dataciones en las facies terminales miocenas es difícil establecer claramente el comienzo de este momento. Este hecho debió de estar acompañado de un levantamiento generalizado de la Cuenca del Ebro.

Zuidam (1976) señala la existencia de una superficie de erosión sobre las calizas de La Muela (620 m aproximadamente) al sur de Zaragoza, con niveles de costras carbonatadas a techo. Dicho autor supone una edad fini-pliocena o comienzos del Pleistoceno para esta superficie. En la hoja de Ejea de los Caballeros es posible observar sobre los relieves calcáreos miocenos de la Sierra de Castejón, un importante nivel de costra carbonatada (Loma de La Plaza del Rollizo) situado a 750 m de altura. Este nivel de encostramiento puede representar una primera superficie de erosión comparable a la señalada por Zuidam (1976) al sur del Ebro, pero situada a cota algo superior. No se aprecia que la superficie asociada a este caliche corte la estratificación de las calizas de los Montes de Castejón (h en el mapa geomorfológico).

El siguiente evento, cuyo testigo es también puntual, está caracterizado por el nivel de acumulación fluvial de la Monlora (b en el mapa geomorfológico). En esta temprana etapa del desarrollo del relieve, la red fluvial primitiva es funcional y acarrea depósitos similares a los actuales. El depósito de la Monlora (situado a una cota de 657 m) es, seguramente, anterior a las terrazas superiores del río Gállego en la vecina hoja de Almudévar situadas en la Atalayeta (522 m) y pudiera ser cronológicamente algo posterior a los niveles de la Loma Negra (646 m) de la hoja de Fustiñana (Gracia *et al.*, 1985). Por las consideraciones expuestas en apartados anteriores la extensión del depósito de la Monlora pudo ser bastante amplia.

En el desarrollo secuencial del valle, el siguiente estadio está representado por un nivel de terrazas y glacis. De acuerdo a las características sedimentológicas de los depósitos (ver apar-

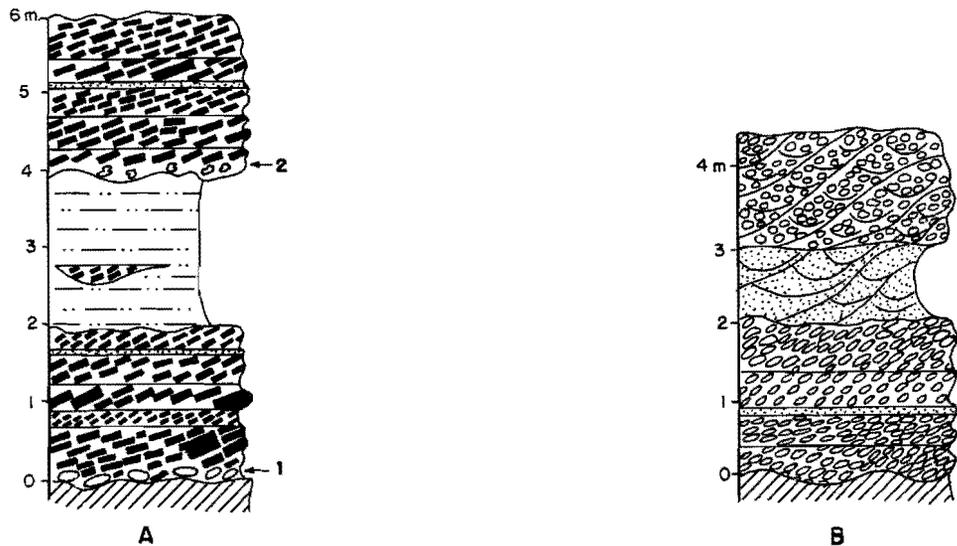


Fig. 12. a) Glacis de la Planaza (1.-Nivel de cantos bien redondeados. 2.-Nivel de cantos corroidos). b) Terraza de los Boarales

tado de formaciones superficiales) existen tres etapas climáticas bien definidas durante este momento. El río Arba de Biel tiene en este momento, un valle perfectamente definido pero situado más al sur que el actual. Según el modelo evolutivo propuesto por Gracia (1985) esta etapa coincide con el nivel superior del depósito del Saso de Sádaba.

La característica fundamental de la siguiente etapa es el intenso aluvionamiento de la Depresión Presomontana de las Cinco Villas, con desarrollo del extenso depósito del Saso de Sádaba (j). También se desarrollan algunos glacis asociados (j) y un nivel de terraza (d) en el Arba de Biel.

El encajamiento de la red fluvial en el río Arba de Biel, con el desarrollo de un complicado sistema de terrazas por sucesivas capturas, caracterizan el momento siguiente. También se desarrollan importantes niveles de glacis (k). Sin embargo en el Arba de Luesia, durante esta etapa y las posteriores, no se producen encajamientos importantes de la red fluvial al norte de Ejea de los Caballeros.

Posteriormente y en una etapa más o menos reciente, se conforma el paisaje con características muy similares a las actuales. El fondo del valle del río Arba se sitúa en su posición actual. Se excavan en la red secundaria los principales valles y se conforman depresiones en "golfos" que dan lugar a un conjunto de glacis subactuales.

Un último encajamiento de la red da paso a la etapa actual de desarrollo del relieve.

3.4. MORFOLOGIA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

El río Arba de Biel presenta un fondo de valle en el que pueden distinguirse dos tramos bien distintos. Al norte de Erla el fondo de valle es amplio (500 a 700 m de anchura) y el río tiene una llanura de inundación bien desarrollada; el canal es meandriforme y de baja sinuosidad. Aguas abajo de Erla muestra características bien distintas; la anchura del fondo de valle disminuye (200 a 300 m) y la sinuosidad del canal aumenta consecuentemente.

El río Arba de Luesia no define un fondo de valle claro, y se desplaza sobre una amplia llanada en la que convergen distintos depósitos y niveles. Cerca de Ejea de los Caballeros se encaja en esta llanada y se une al Biel, mostrando desde esta unión, idénticas características que el tramo inferior de este último río.

El acarreamiento, la formación de barrancos con marcada incisión lineal y la erosión por subfusión o "pipping", son procesos "zonales" ligados a la acción torrencial propios de regiones de clima semiárido, presentes en todo el ámbito de la hoja. La pérdida de vegetación y el uso del suelo son, en general, las variables fundamentales que controlarán la evolución futura de estos procesos.

Los rellenos de fondo de las "vales" se encuentran, en muchos casos, sujetos a procesos de "pipping" y abarrancamiento, que indican un proceso de erosión intensa de los mismos, o bien un estado de equilibrio acumulación- evacuación precario, en el que pequeñas variaciones del entorno pueden rápidamente modificar la dinámica de las "vales".

4. HISTORIA GEOLOGICA

La hoja de Ejea de Los Caballeros se sitúa en el sector central de la Cuenca del Ebro. Esta cuenca corresponde a los últimos estadios de evolución de la cuenca de antepaís meridional del orógeno pirenaico, aunque sus márgenes meridional y oriental estuvieron afectados por la actividad tectónica de la Cordillera Ibérica, y de la Cordillera Costero Catalana.

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

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

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

Los sedimentos más antiguos que afloran en la hoja de Ejea son de edad Mioceno inferior (Ageniense) mientras que los más modernos pertenecen al Mioceno medio (Aragoniense).

Dentro de la hoja el registro sedimentario más antiguo corresponde a los materiales que constituyen la parte superior de la unidad Galocha-Ontiñena, de edad Ageniense. Estos depósitos representan una etapa en la que este sector de la cuenca estaba ocupado por sistemas fluviales de ríos meandriformes y en donde se desarrollaban llanuras de inundación de gran extensión, ya que predominan las facies pélticas de desbordamiento. Posteriormente, tuvo lugar una etapa de expansión lacustre-palustre, que dio lugar a depósitos de calizas.

En una etapa posterior, en el tránsito Ageniense-Aragoniense tiene lugar una reactivación de los sistemas aluviales procedentes del Pirineo, representados por sistemas de ríos meandriformes. Un poco más tarde, ya durante el Aragoniense inferior tiene lugar una expansión de los sistemas lacustre-palustres en su mayor parte carbonáticos, salvo en los sectores SE y SO en donde se localizan áreas marginales de lagos salinos.

Un nuevo episodio de reactivación de los sistemas aluviales tiene lugar en el Aragoniense medio. En esta época se desarrolló un sistema de ríos meandriformes, procedentes de la Cordillera pirenaica, en el área centro-septentrional de la hoja, mientras que en el sector suroccidental se encontraban las áreas marginales de un abanico aluvial, que probablemente tenía su ápice en la Cordillera Ibérica representados por sistemas de ríos meandriformes. Un poco más tarde tiene lugar una expansión de los sistemas lacustre-palustres anteriormente restringidos

al sector centro-meridional en su mayor parte carbonáticos, salvo en el sector sureste en donde se localizan áreas marginales de lago salino.

En el Aragoniense medio el área norte de la hoja sigue ocupado por sistemas fluviales de ríos meandriformes, mientras que en el sector meridional se encuentran áreas de llanura de inundación y áreas marginales de lago salino. Durante el Aragoniense superior tiene lugar, en el sector sur de la hoja, una expansión de las áreas lacustres correspondientes a lagos con sedimentación carbonática.

Desde este momento y hasta el Cuaternario no existe registro sedimentario en la hoja de Ejea, aunque en áreas vecinas continuó la sedimentación en unas condiciones similares durante el Mioceno superior.

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

En el tránsito Mioceno-Plioceno se produce un fuerte cambio en las condiciones de sedimentación de la cuenca al transformarse en una cuenca exorreica que desagua hacia el Mediterráneo a través de la Cordillera Costero Catalana. Desde este momento y durante todo el Cuaternario, se produce una alternancia de etapas de erosión y sedimentación en la región, relacionadas con cambios climáticos y con claro predominio global de las primeras.

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

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

5. GEOLOGIA ECONOMICA

5.1. RECURSOS MINERALES

Es muy escasa la actividad explotadora de recursos minerales en la zona. Las formaciones existentes y el escaso poblamiento no son propicias ni para yacimientos de sustancias minerales de interés económico, ni para la existencia de una gran demanda de rocas industriales, por la escasa población.

5.1.1. Minerales no metálicos

El sondeo petrolífero Valpalmas-1 (1963) determina el indicio nº 6 por haber cortado a partir de la base del Oligoceno formaciones de anhidrita a lo largo de más de 300 m. La profundidad, más de 3.000 m, supone un impedimento insuperable para considerar viable en un futuro imaginable su explotación.

5.1.2. Rocas industriales

Se han situado 7 indicios, dos de ellos de arcilla común para ladrillería, otras dos de areniscas para mampostería, y los restantes de áridos naturales.

Los dos indicios de arcilla, núms. 4 y 7 se sitúan en el alfoz de Ejea; con actividad presente o reciente son explotaciones modestas, para un mercado local-comarcal. Benefician niveles de arcillas, intercalados entre margas y areniscas, de la Fm. Uncastillo.

Como parámetros más representativos los niveles explotados en el sector presentan:

SiO ₂	49,39%	
Al ₂ O ₃	15,94%	98,9% < 1/16
Fe ₂ O ₃	5,29%	67,7% < 1/256
CaO	18,42%	
K ₂ O	2,55%	

Las explotaciones de arenisca, indicios 2 y 5, son muy modestas y artesanales; se señalan aquí las dos únicas de las que queda referencia aunque han sido más numerosas en el pasado al tratarse de un material esencial para la construcción en otros tiempos. Actualmente su uso es ornamental como piedra de sillería o mampostería.

Estas explotaciones, inactivas, se sitúan sobre los niveles de areniscas de la Fm. Uncastillo, de grano medio, silíceas y carbonatadas, fuertemente cementadas y en capas bien definidas.

Las explotaciones activas de áridos naturales, indicios 1, 3 y 8 situadas en Luna, sobre el río Arba de Biel, las dos primeras y en Ejea, sobre el río Arba de Luesia, la última, tienen dimensiones modestas. Ambos ríos proporcionan un árido excesivamente rico en grandes tamaños y además de naturaleza caliza; por ello, en la explotación del indicio nº 8 (Ejea) se procede al machaqueo para la obtención de gravillas y arenas.

NUMERO	COORDENADAS-UTM	LITOLOGIA	MUNICIPIO Y PROVINCIA	SUSTANCIA	DEPOSITO	NOTAS
1	X - 671.325 Y - 4670.550 Z - 462 m	Gravas de terraza fluvial	Luna (Z)	Aridos Naturales (Gravas y arenas)	Sedimentario (aluvial reciente)	Explotación activa de cierta entidad sobre 2 m de potencia y una superficie de más de 1 ha. Muy próxima a Luna, sobre el río Arba de Biel.
2	X - 676.800 Y - 4670.580 Z - 530 m	Areniscas y arcillas (Fm. Sariñena)	Valpalmas (Z)	Piedra Arenisca silicocalcárea (en bandas)	Sedimentario	Explotación ocasional de arenisca para bloques de mampostería en banco de 4 m y 40 de longitud, en el paraje Santa Bárbara.
3	X - 670.300 Y - 4667.650 Z - 440 m	Gravas de terraza fluvial	Luna (Z)	Aridos Naturales (Gravas y arenas)	Sedimentario (aluvial reciente)	Explotación activa de volumen modesto, sobre 2 m de potencia de los aluviones del río Arba de Biel. Cerca de Erla.
4	X - 655.320 Y - 4666.750 Z - 340 m	Arcillas y areniscas (Fm. Sariñena)	Ejea de los Caballeros (Z)	Arcilla común (en bandas)	Sedimentario	Explotación activa para ladrillería. Marcuera en 4 m de potencia de banco (entre areniscas) con 60 m de frente y 7 de altura del único banco
5	X - 671.300 Y - 4665.650 Z - 470 m	Areniscas y (Fm Sariñena)	Luna (Z)	Piedra Areniscas silicocalcárea (en bandas)	Sedimentario	Explotación ocasional de arenisca para bloques de mampostería en banco de 5 m y 60 de longitud, en el paraje Canteira Monlora.
6	X - 673.050 Y - 4665.725 Z - 475 m	Margas, Margocalizas y yesos (Fm. Basbastro)	Luna (Z)	Anhidrita	Sedimentario (evaporítico)	Potente formación con anhidrita, cortada por el sondeo petrolífero Valpalmas-1 (1963)
7	X - 654.320 Y - 4664.020 Z - 330 m	Arcillas y areniscas (Fm Sariñena)	Ejea de los Caballeros (Z)	Arcilla común	Sedimentario	Explotación semiactiva del paraje Las Partilladas con destino a ladrillería; 5 m de arcillas bajo 2 de areniscas.
8	X - 652.500 Y - 4665.960 Z - 330	Gravas de terraza fluvial	Ejea de los Caballeros (Z)	Aridos Naturales (Gravas y areniscas) (en bandas)	Sedimentario (aluvial reciente)	Explotación activa "Valdeferrín" en la que es necesario el machaqueo debido a una pequeña proporción de tamaños finos.

Las reservas son potencialmente grandes pero el mercado es limitado, por lo que muchas explotaciones anteriores ya han cesado su actividad.

Los materiales explotados en el río Arba de Biel son depósitos aluviales actuales, en cambio en el caso de Ejea se trata de una terraza más antigua.

5.2. HIDROGEOLOGIA

En esta Hoja, la principal formación acuífera corresponde a los depósitos cuaternarios asociados a los ríos Arba de Biel y Arba de Luesia. Además de estos materiales, existen otros aflorantes en el área y que pueden tener cierto interés como acuíferos. Estos son, dentro del Terciario, los materiales detríticos de la Fm. Uncastillo y los materiales carbonatados de los Montes de Castejón. El resto de sedimentos cuaternarios no conectados a la red fluvial principal también son interesantes hidrogeológicamente, sobre todo el denominado Saso de Sádaba en el extremo noroccidental.

El inventario de puntos de agua se concentra en los depósitos cuaternarios. En el cuadro adjunto se expone la distribución espacial y por naturaleza de estos puntos.

OCTANTE	NATURALEZA (*) NUM. DE PUNTOS				TOTAL
	M	P	PS	OTROS	
1	3	17	2	1G	23
2	1				1
3	4	1		2PG	7
4	1	2			3
5					
6	2				2
7	2	1			3
8	1	3		2PG	6
Total hoja	14	24	2	5	45

- * Naturaleza
M Manantial
P Pozo
PS Pozo-sondeo
G Galería
PG Pozo-galería

La mayoría de estas surgencias no se utilizan ya que la red de distribución de aguas superficiales cubre las necesidades hídricas de la zona. Entre las utilizadas la mayoría lo son en agricultura y ganadería.

El primer estudio hidrogeológico realizado en la Hoja está incluido en el mapa 1:50.000 de la serie M.A.G.N.A. editado en 1954. En 1985, la D.G.A. junto con el I.T.G.E. ha realizado un estudio de la cuenca del río Arba, en el que queda incluida la hoja.

5.2.1. Climatología

La red de control del I.N. de Meteorología dispone de 9 estaciones de recogida de datos dentro de la hoja. Las estaciones 9321-Ejea de los Caballeros y 9327-Erla son las que disponen de un registro más largo, de 18 y 20 años respectivamente.

Del análisis pluviométrico se puede deducir que las estaciones más lluviosas son la primavera y el otoño, con una precipitación media anual entre 400-500 mm (ver mapa de isoyetas medias).

Con respecto a las temperaturas, la media anual se sitúa en torno a 14°C, correspondiendo el mes más frío a enero y el más cálido a julio.

Según la clasificación climática de Papadakis, la hoja de Ejea de los Caballeros posee dos tipos de climas diferenciados: en la esquina NE el clima es Mediterráneo Continental Templado, con invierno Avena Fresco, verano Maíz y régimen de humedad Mediterráneo Seco. El resto, presenta un clima Mediterráneo Continental Templado, con invierno Avena Fresco, verano Arroz y régimen de humedad Mediterráneo Seco.

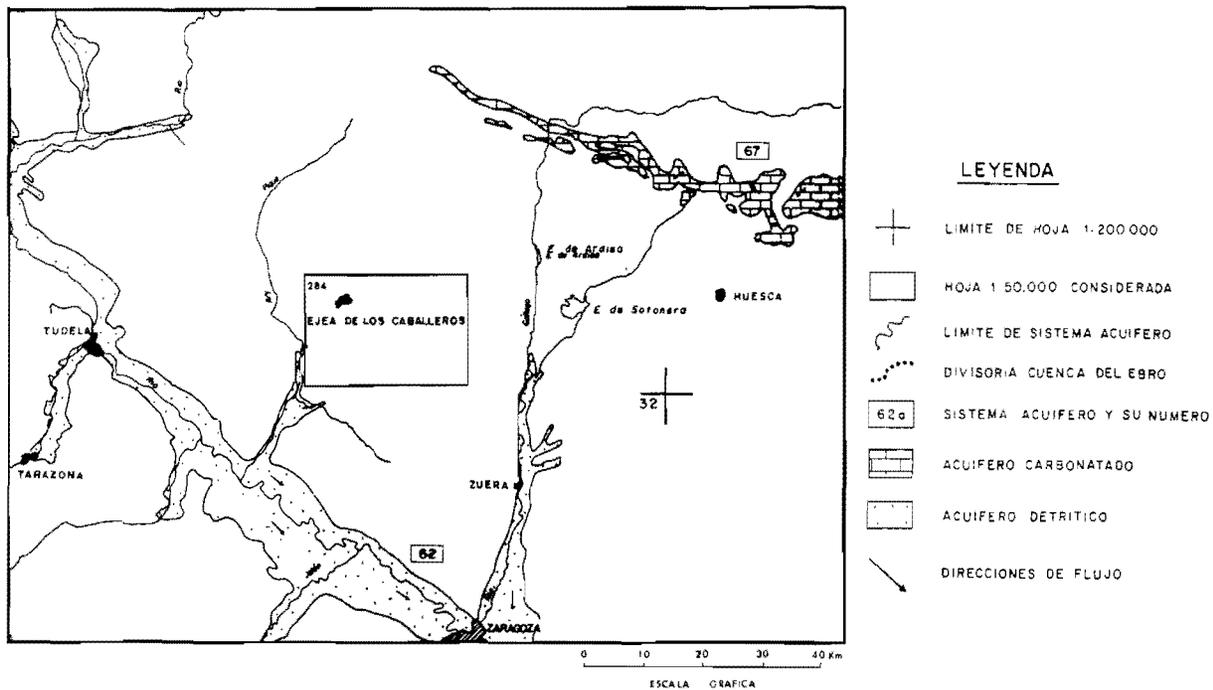
5.2.2. Hidrología

En la Hoja se distinguen dos cuencas principales, según la clasificación decimal de ríos del M.O.P.U.; ambas están incluidas en la Cuenca del Ebro: la mayoría de la superficie drena hacia el río Arba de Luesia y su afluente el Arba de Biel; el territorio restante, que supone una franja en su parte oriental, pertenece a la Cuenca del Gállego.

La red de drenaje está constituida por una serie de barrancos de carácter esporádico que funcionan con ocasión de las lluvias. Los únicos cursos de carácter permanente son el Arba de Luesia y Arba de Biel.

La red oficial de estaciones de aforo del M.O.P.U. controla la estación número 187, que recoge datos del río Arba de Biel a su paso por Erla. Dispone de escala y limnógrafo. En este punto se recoge una superficie de cuenca de 264.3 km².

El caudal medio mensual registrado durante el periodo de 1978 a 1986 es de 0.66 m³/s.



Esquema hidrogeológico regional

Con respecto a la infraestructura hidráulica existente en la zona hay que señalar el denso entramado de acequias existente, destacando por su importancia el Canal de las Bárdenas en el extremo nororiental y el Canal de Sora, derivación del anterior y que atraviesa la práctica totalidad de la hoja.

Coincidiendo con zonas endorreicas, se localizan zonas sometidas a encharcamiento ocasional, aunque también existen algunas como la Estanca del Gancho o el Pantano del Brun, que tienen carácter permanente debido a su utilización como embalses destinados a regadío.

5.2.3. Características hidrogeológicas

Como se puede observar en el esquema hidrogeológico regional, no hay definido dentro de la hoja ningún sistema acuífero a escala regional, pero sí que existen algunas formaciones que pueden resultar interesantes a escala local y que se describen a continuación. En primer lugar se comentan las principales características de los materiales terciarios, para pasar a continuación a los depósitos cuaternarios que son los que presentan mayores posibilidades hidrogeológicas.

5.2.3.1. Acuíferos terciarios

Dentro de éstos se pueden incluir, por un lado los materiales detríticos de la Fm. Uncastillo, y por otro, la alternancia calcáreo-margosa de los Montes de Castejón.

Los primeros están constituidos por areniscas tabulares, paleocanales de arenisca, y arcillas, con una transmisividad del orden de 10 m²/día.

Aunque no se tiene constancia de la existencia de puntos de agua asociados a esta formación, observaciones realizadas en otras áreas, indican la posibilidad de drenajes dispersos a través de manantiales de escaso caudal, y existencia de flujos hacia ríos y arroyos que queda enmascarada por la presencia de los cuaternarios solapantes.

Los materiales carbonatados de los Montes de Castejón aparecen en la parte meridional del área y consisten en una alternancia de calizas y margas dispuestas de manera subhorizontal.

La permeabilidad asociada a estos materiales no es muy alta y está asociada a las diaclasas y fracturas presentes en los materiales carbonatados. La heterogeneidad vertical hace que esta permeabilidad quede muy disminuida en esta dirección.

La disposición alternante de niveles calizos de escaso espesor así como su horizontalidad determinan sus escasas posibilidades hidrogeológicas.

La recarga se realiza por infiltración de la precipitación, y la descarga, al igual que en el caso anterior, se produce a través de escasos manantiales de reducido caudal (punto 271270002).

5.2.3.2. Acuíferos cuaternarios

5.2.3.2.1. Aluviales de los ríos Arba de Biel y Arba de Luesia

La llanura aluvial y los depósitos de terrazas de ambos ríos están formados por cantos y gravas dispuestos en forma de barras, con intercalaciones de materiales arenosos y limosos.

El espesor medio del acuífero relacionado con el río Arba de Luesia es de 20 m, con un espesor saturado medio de 14 m. La anchura oscila entre 1-1.5 km aguas abajo de Ejea y 4-6 km al norte de esta localidad.

El aluvial del río Arba de Biel, tiene un espesor puntual al sur de Luna de 7 m y un espesor saturado de 3 m.

Estas formaciones aluviales constituyen acuíferos permeables por porosidad intergranular y de carácter libre. La transmisividad obtenida mediante ensayos de bombeo toma valores entre 100 m²/día (punto 271210019) y 600 m²/día (punto 271230004).

Los gradientes piezométricos en la zona de Ejea son del 12 al 15 %, disminuyendo hacia Tauste donde suponen un 0.3 %. Los niveles presentan oscilaciones cíclicas estacionales, registrándose notables ascensos en las épocas de regadío motivados por infiltración de excedentes. Los ríos en la zona considerada son efluentes, drenando al acuífero.

La recarga procede de la infiltración de la precipitación directa sobre el acuífero, así como de los retornos de regadío. También pueden recibir aportes provenientes de los materiales terciarios.

La descarga se produce hacia los ríos que son los principales ejes de drenaje. Otras salidas se producen a través de zanjas drenantes, y manantiales, que se sitúan en el borde de las terrazas, y por bombeos en pozos y sondeos.

Considerando en conjunto los aluviales del sistema del Arba se obtienen unos recursos totales de 29 hm³/año. Las descargas anuales por manantiales y bombeos son del orden de 3.4 h³. Las reservas máximas y mínimas para el aluvial del río Arba de Biel en el tramo Luna-Ejea son de 12 y 8 hm³ respectivamente. Para el aluvial del Arba de Luesia (considerando toda su extensión) estos valores son de 67 y 55 hm³.

El inventario que afecta a estas formaciones es de 30 puntos que quedan distribuidos de la siguiente manera:

ACUIFERO	M	P	PS	PG
Al. Arba de Luesia	3	13	2	
Al. Arba del Biel	6	4		2

La utilización más frecuente es para abastecimiento, aunque sólo un núcleo urbano (Ejea de los Caballeros) aprovecha las aguas subterráneas para cubrir sus necesidades. Gran parte de

los puntos registrados ya no se utilizan debido a la generalización del uso de las aguas superficiales.

5.2.3.2. Otros depósitos cuaternarios

El más importante dentro de éstos es el denominado Saño de Sádaba, que se extiende entre ambos Arbas. Está formado por cantos y gravas polimícticas dispuestas en barras, con lentejones de limos y arenas. Su potencia oscila entre 30 m al norte del Canal de las Bárdenas y menos de 2 m en los bordes. El espesor saturado medio es de 7m.

La transmisividad de estos depósitos es del orden de 50 m²/día. Los gradientes medios son de 0.5 a 0.9 %, con una dirección principal de flujo hacia el S.

La alimentación del acuífero proviene de la infiltración de la precipitación y de los retornos de regadío. La descarga se realiza principalmente a través de zanjas de drenaje.

El resto de materiales cuaternarios asociados a glaciés, fondos de "vale", etc. tienen mucho menor interés debido a su escasa extensión y su mayor proporción de arcillas y limos.

5.2.4. Hidrogeoquímica

La red de calidad del I.T.G.E. controla 3 puntos dentro de la Hoja: 271210001, 271220001 y 271230002. Están asociados a los depósitos de los ríos Arba de Biel y Arba de Luesia.

Según los datos suministrados por estos puntos las aguas de estos aluviales son de naturaleza bicarbonatada cálcica, con alta concentración de nitratos (superior a 100 mgr/l), debida al efecto de los abonos nitrogenados.

5.3. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS GENERALES

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

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

AREA I: comprende los depósitos terciarios con predominio de facies detríticas y margoso-carbonatadas, que se extienden por todo el ámbito de la hoja.

Dentro de este área podemos distinguir las siguientes zonas:

Zona I₁: A ella pertenecen las unidades cartográficas (1), (2), (5), (6), (10), (11) y (17).

Está constituida por una alternancia de capas de areniscas y arcillas, de potencias variables. La disposición es subhorizontal, con pendientes suaves hacia el sur.

Aunque la cementación de las areniscas no es muy fuerte, sin embargo, esta unidad puede presentar cierta dificultad al ripado localmente.

El drenaje tanto superficial como profundo es deficiente.

Zona 1₂: A ella pertenecen las unidades cartográficas (3), (12), (13) y (18)
Está constituida por arcilla, limos y margas, con niveles poco potentes de areniscas y calizas.

Es una zona compuesta por capas con disposición subhorizontal, con pendientes suaves hacia el sur.

Es prácticamente ripable en su totalidad. Posee un mal drenaje profundo, debido a la impermeabilidad intrínseca de las arcillas, lo que puede ocasionar riesgos de encharcamiento.

Cuantitativamente presenta una capacidad de carga moderada entre media y baja, pudiendo aparecer en cimentaciones asientos diferenciales.

El riesgo más relevante es la fácil erosionabilidad de los materiales.

Zona 1₃: A ella pertenecen las unidades cartográficas (4), (7), (8), (15), (16), (20) y (21)

Está constituida por una alternancia de capas de calizas y margas. Su disposición es subhorizontal con una estratificación homogénea. Puede presentar problemas de ripabilidad en los niveles potentes de caliza.

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

La permeabilidad diferencial entre calizas y margas puede ser causa de pequeños manantiales en los niveles superiores. Buen drenaje superficial.

AREA II: Comprende los depósitos terciarios en cuya composición figuran niveles yesíferos. Se extienden formando una orla alrededor de los Montes de Castejón.

Dentro de este área se distingue la zona:

Zona II₁: A ella pertenecen las unidades cartográficas (9), (14) y (19)

Está constituida por arcillas, margas y calizas con niveles de yeso nodular. Las arcillas y margas se presentan en forma masiva, siendo las pasadas yesíferas las que nos marcan la estratificación.

Este grupo puede presentar problemas importantes, derivados de la escasa permeabilidad de las arcillas y margas, unido al mal drenaje superficial por la horizontalidad del terreno.

También se prevén problemas de agresividad a los hormigones derivados de la presencia de yesos.

Posibilidad de aterramientos.

Formación ripable.

AREA III: Comprende los depósitos cuaternarios, formados por limos, arenas y gravas.

Se han distinguido las siguientes zonas:

Zona III₁: Está formada por las unidades cartográficas (23), (24), (25), (26), (27), (28), (29), (30), (31) y (32), que constituyen los depósitos de terrazas, glacis y Piedemonte Pirenaico. Los materiales que la componen son gravas, bien rodadas por lo general, de diversos tamaños y de naturaleza poligénica, si bien destacan las calcáreas. Eventualmente presentan cementación. También están presentes arenas, limos y arcillas en mayor o menor proporción.

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

Los taludes se mantienen prácticamente verticales.

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

Zona III₂: Está formada por las unidades cartográficas (34), (35), (36) y (37) que constituyen los depósitos de conos de deyección, coluviones y depósitos aluvial-coluvial. Los materiales que la componen son fundamentalmente limo-arcillosos y margosos con cantos.

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

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

Zona III₃: Está formado por la unidad cartográfica (33) que constituye los depósitos de fondo de valle actuales. Los materiales que la componen son arenosos: limas y arcillas con gravas.

Presentan características geotécnicas aceptables, aunque localmente presenta superficies de encharcamiento. Asimismo, pueden presentar peligro de asientos importantes.

CUADRO RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE LOS MATERIALES DE LA HOJA DE EJE A DE LOS CABALLEROS

AREAS	ZONAS	UNIDADES CARTOGRAFICAS	LITOLOGIA	ESTRUCTURA	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
I	I ₁	(1), (2), (5), (6), (10), (11) y (17)	Alternancia de areniscas y arcilla	Disposición subhorizontal	Materiales ripables, excepto algunos bancos de areniscas cementados Drenaje superficial y profundo deficiente
	I ₂	(3), (12), (13) y (18)	Arcillas, limos y margas con niveles poco potentes de areniscas y calizas	Disposición subhorizontal	Formaciones ripables. Drenaje profundo deficiente. Riesgos de encharcamiento. Capacidad de carga moderada. En cimentaciones posibles asientos diferenciales. Erosionabilidad de los materiales
	I ₃	(4), (7), (8), (15), (16), (20) y (21)	Alternancia de capas de calizas y margas	Disposición subhorizontal	Problemas de ripabilidad en las capas potentes de caliza. Posibles desprendimientos de bloques por descalce. Buen drenaje superficial
II	II ₁	(9), (14) y (19)	Arcillas, margas y calizas con niveles de yeso nodular	Masiva. Disposición subhorizontal	Escasa permeabilidad y mal drenaje superficial. Problemas de agresividad a los hormigones. Posibilidad de aterramientos. Ripable
III	III ₁	Desde (23) a (32)	Gravas con arenas, limos y arcillas	Terrazas, glacis y piedemonte pirenáico	Ripable. Materiales aptos para la obtención de gravas y préstamos. Taludes verticales. Materiales permeables con drenaje por infiltración
	III ₂	(34), (35), (36) y (37)	Limos, arcillas y margas con cantos	Conos de deyección, coluviones y depósitos aluvial-coluvial	Laderas tendidas. Ripable. Capacidad portante media a baja. Drenaje deficiente en profundidad y fácilmente encharcable en superficie
	III ₃	(33)	Arenas, limos y arcillas con gravas	Fondos de valles actuales	Características geotécnicas aceptables. Riesgos de encharcamiento y de asientos importantes

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

La hoja de Ejea de los Caballeros se sitúa en el sector central de la Cuenca del Ebro.

Las hojas estudiadas en este sector presenta un intervalo estratigráfico que comprende casi exclusivamente al Mioceno, cubierto de materiales más recientes o cuaternarios.

La diferencia litológica de los materiales miocenos condiciona la existencia de determinados tipos de relieve: la parte septentrional, dominada por areniscas y arcillas, presenta un paisaje llano, con cerros de diferentes altitudes, testigos únicos de la historia geológica de la zona, que han quedado preservados de la erosión pliocuaternaria.

Por el contrario la mitad meridional, está dominada por una alternancia de margas y calizas configurando en general un relieve tabular.

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

Resultado de esta selección se han escogido un total de 10 PIG, con un interés variado: estratigráfico, petrológico, geomorfológico, etc., cuya utilización principal es de tipo científico y divulgativo en un ámbito local o regional.

Posteriormente y usando el mismo método de subjetividad se escogieron tres de los 10 PIG iniciales considerando que eran los que mejor representaban los procesos geológicos de la hoja.

FIG. 1: Columna estratigráfica de más de 200 m de serie de facies fluviales del Mioceno (Formación Uncastillo). Tiene su muro en el pueblo de Luna y su techo en el alto de La Monlora, se desarrolla a lo largo de la carretera que une ambos puntos.

Se pueden observar paleocanales meandriformes con geometrías típicas de "point-bar".

Constituye un afloramiento excepcional, dado que este tipo de serie presenta en general relieves poco acusados.

FIG. 2: Excelente afloramiento, donde se observan las facies que se dan en ambientes lacustres-palustres, situado en la pista paralela al Canal de las Bârdenas, cerca de la Paridera de las Viudas.

Se observan las facies aluviales distales de la unidad Bujaraloz-Sariñena; pelitas con intercalaciones de areniscas y calizas depositadas en la llanura de inundación en momentos de fuerte avenida (desbordamientos de canal).

FIG. 3: Glacis de la Planaza. Depósito de glacis cuaternario de 6 m de potencia media, situado en el alto del mismo nombre, cortado por la ladera oeste por un abrupto sistema de cárcavas. La singularidad del punto radica en sus características morfológicas y estratigráficas, así como por el espectacular paisaje que configuran las cárcavas situadas al oeste.

7. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTI, J., CABRERA, Ll. ANADÓN, P. y ARBIOL, S. (1988): A Late Oligocene-Early Miocene rodent biozonation from the SE Ebro Basin (NE Spain). A potential mammal stage stratotype. *Newsl. Stratigr.* 18 (2) pp. 81-97.
- ALASTRUE, E. (1953): El Cuaternario de la comarca de Ejea de los Caballeros. *Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España*, nº 32, pp. 3-16.
- ALBERTO, F., GUTIÉRREZ, M., IBAÑEZ, M. J., MACHÍN, J., PEÑA, J. L., POCOVI, A. y RODRIGUEZ 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.* 217, pp. 2 mapas.
- ALVAREZ-SIERRA, M. A., DAAMS, R., LACOMBA, J. I., LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., VAN DER MEULEN, A. J., SESE, C. y DE VISSER, J. (1990): Paleontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta Geologica.* 94: 75 pp.
- ANADÓN, P., COLOMBO, F., ESTEBAN, M., MARZO, M., ROBLES, S., SANTANACH, P. y SOLE SUGRAÑÉS, L. (1979): Evolución tectonoestratigráfica de Los Catalánides. *Acta Geol. Hisp.*, t. 14, Homenaje a Lluís Solé Sabarís, pp. 242-270.
- ANADÓN, P., CABRERA, Ll., COLOMBO, F., MARZO, M. y RIBA, O. (1986): Sintectonic intraformational unconformities in alluvial fan deposits, eastern Ebro basin margins (NE Spain). En: P.H. Allen y P. Homewood (eds.), *Foreland basins. Spec. Pub., Int. Ass. Sedim.* 8, pp. 259-271.
- ANADÓN, P., VIANEY-LIAUD, M., CABRERA, Ll. y HARTENBERGER, J. L. (1987): Gisements à vertébrés du paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie. *Paleontología i evolució*, 21, pp. 117-131.
- ANGELIER J. y MECHLER, P. (1977): Sur une méthode graphique de recherche de contraintes principales également utilisable en tectonique et en séismologie: la méthode des dièdres droits. *Bull. Soc. Geol. France*, 19 (6), pp. 1309-1318.
- ARENAS, C. y PARDO, G. (1991): Significado de la ruptura entre las Unidades Tectosedimentarias N₂ y N₃ en el centro de la Cuenca del Ebro. *Geogaceta*, 9, pp. 67-70.
- AZANZA, B., CANUDO, J. I. y CUENCA, G. (1988): Nuevos datos bioestratigráficos del Terciario continental de la Cuenca del Ebro (sector centro-occidental). // *Congreso Geológico de España*. Granada. Vol. 1, pp. 261-264.
- CLAVER, I., AGUILÓ, M., AARAMBURU, M.P., AYUSO, E., BLANCO, A., CALATAYUD, D, T., CEÑAL, M. A., CIFUENTES, P., ESCRIBANO, R., FRANCÉS, 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. nº 3, MOPU, 572 pp.

- CUENCA, G., DAAMS, R., FREUDENIHAL, M., GABALDÓN, V., LACOMBA, J.L., LÓPEZ-MARTINEZ, N., SACRISTAN, 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*, 6, pp. 75-77.
- CUENCA, G. (1991 a): Nuevos datos bioestratigráficos del sector oriental de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del grupo Español del Terciario, CONGET'91*. Vic, pp. 97-100.
- CUENCA, G. (1991 b): Nuevos datos bioestratigráficos del Mioceno del sector central de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del grupo Español del Terciario CONGET'91*. Vic, pp. 101-104.
- CUENCA, G., CANUDO, J. I., LAPLANA, C. y ANDRÉS, J. A. (1992): Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geol. Hisp.*, v 27 (1-2), pp. 127-143.
- ENADIMSA (1984): Investigación de lignitos en el área de Mequinenza (Zaragoza, Huesca, Lérida) (inédito).
- ENRESA (1989): Estudio de las formaciones favorables de la región del Ebro y Pirineo alóctono (E.R.A.) (inédito).
- GALLART, F. (1977): Los glaciares: problemas de nomenclatura, clasificación y génesis (Estudio Bibliográfico). *Acta Geológica Hispánica*, T. XII, M 1/3, pp. 12-17.
- GONZALO MORENO, A. N. (1979): La Rioja. Análisis de geomorfología estructural. Resumen de Tesis Doctoral. *Publ. Inst. de Estudios Riojanos*.
- GONZALO MORENO, A. N. (1981): El relieve de la Rioja. *Inst. Est. Riojanos*. Logroño, p. 508.
- GRACIA, F. J. (1985): Las formaciones aluviales de la depresión presomontana de Cinco Villas. *Bol. Geol. y Min.* 96-6. pp. 596-606.
- GRACIA, F. J., GUTIÉRREZ ELORZA, M. y SANCHO MARCÉN (1985): Las etapas terminales del Neógeno-Cuaternario de la Depresión del Ebro en la Plana Negra (prov. de Zaragoza y Navarra). Consideraciones morfogenéticas. *Actas de la I Reunión do Cuaternario Iberico*. Lisboa, volumen II, pp. 367-379.
- GRACIA, J. y SIMON, J. L. (1986): El campo de fallas miocenas de la Bárdena Negra (prov. de Navarra y Zaragoza). *Bol. Geol. y Min.*, T. XCVII-VI, pp. 693-703.
- HERNÁNDEZ, A., COSTA, J. M., SOLA, J., VAN DEN HURK, A. M., RAMÍREZ, J. I., SALAZAR, A., NAVARRO, J. J., ESNAOLA, J. M., GIL, C. y MARQUÉS, L. A. (1991): Evolución genético-sedimentaria de la unidad de Zuera. (Mioceno inferior, Cuenca del Ebro). *Volumen de Comunicaciones del I Congreso del grupo Español del Terciario*. Vic. 1991, pp. 162-165.

- HIRST, J. P. P. y NICHOLS, G. J. (1986): Thrust tectonic controls on Miocene alluvial distribution patterns, southern Pyrenees. En: P.H. Allen y P. Homewood (eds.), *Foreland basins. Spec. Pub., Int. Ass. Sedim.* 8, pp. 247-258.
- IGME (1975): Estudio geológico y minero del área lignitífera de Calaf (inédito).
- IGME (1975): Proyecto de investigación de radioactivos del área lignitífera y uraninífera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1976): Área lignitífera y uraninífera de Mequinenza (Lérida-Tarragona, Huesca y Zaragoza) (inédito).
- IGME (1981): Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario de Pamplona-Zaragoza (inédito).
- IGME (1981): Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario del sector de Benabarre-Igualada (inédito).
- IGME (1985): Prospección previa de lignitos en el área de Pinós-Molsosa (Lérida-Barcelona) (inédito).
- IGME (1986): Prospección previa de lignitos en el área de Bages-Moianes (Barcelona) (inédito).
- IGME (1987): Síntesis Geológico-Minera de los carbones del noreste peninsular (inédito).
- J.E.N. (1977): Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- J.E.N. (1977): Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferas de la zona de Solsona-Olot (inédito).
- J.E.N. (1979-81): Estudio estratigráfico y sedimentológico del borde meridional de la Depresión del Ebro entre Alcañiz y Borges Blanques (Provincias de Teruel, Zaragoza, Lérida y Tarragona) (inédito).
- LLAMAS, M. 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 pp.
- MEIN, P. (1975): Report on Activity. *RCMNS Working groups*. Bratislava, pp. 78-81.
- NICHOLS, G.J. (1984): Thrust tectonics and alluvial sedimentation, Aragon, Spain. Tesis Doctoral, Univ. Cambridge, 243 p. (Inédita).
- ... y ECHEVARRIA, M. T. (1989): Formas de relieve del centro de la Depresión del Ebro. *Instituto de Estudios de la Institución Fernando el Católico*. Diputación de Zaragoza. 216 p.

- PÉREZ, A., MUÑOZ, A., PARDO, G., VILLENA, J. y ARENAS, C. (1988): Las unidades tectosedimentarias del Neógeno del borde Ibérico de la Depresión del Ebro (sector central)". En: A. Pérez, A. Muñoz y J.A. Sanchez (eds.), *Sistemas lacustres neógenos del margen ibérico de la Cuenca del Ebro, Guía de Campo. III Reunión Grupo Especial de Trabajo, PICG 219*, páginas 7-20.
- PÉREZ, A., MUÑOZ, A., PARDO, G. y VILLENA, J. (1989): Evolución de los sistemas lacustres del margen ibérico de la Depresión del Ebro (sectores central y occidental) durante el Mioceno. *Acta Geológica Hispánica*, v. 24 nº 3-4, pp. 243-257.
- QUIRANTES, J. (1969): Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros. Tesis Doctoral. Univ. de Granada. Publicado en 1978 por: *Institución "Fernando El Católico" (CSIC). Diputación Provincial de Zaragoza*, 200 pp.
- RIBA, O. (1955): El Terciario continental de la Rioja alta y de la Bureba. Informe nº 97, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1961): Geological Report on the Continental Tertiary of the Western Ebro Basin and Neighbouring Basins. Report CV-131, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1967): Resultados de un estudio sobre el Terciario Continental de la parte de la depresión central catalana. *Acta Geológica Hispánica*. Año II. nº 1, pp. 1-6.
- RIBA, O. (1976): Tectogenèse et sédimentation: deux modèles de discordances syntectoniques pyrénéennes. *Bulletin du B.R.G.M. (2ª Serie)*. Section 1, nº 4. pp. 383-401.
- RIBA, O., PUIGDEFABREGAS, C., SOLER SAMPERE, M., QUIRANTES, J. Y VILLENA, J. (1973): Mapa geológico de España a escala 1:200 síntesis de la cartografía existente. Memoria y hoja nº 22 "Tudela". *IGME*, 16 p.
- RIBA, O., REGUANT, S. y VILLENA, J. (1983): Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca del Ebro. *Libro Jubilar J.Mª Ríos. Geología de España*, IGME, T. 2, pp. 131-159.
- RODRIGUEZ 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.
- RODRIGUEZ VIDAL, J. (1986): Deformaciones recientes en los depósitos cuaternarios de la Puebla de Alfindén (Zaragoza). *Boletín Geológico y Minero*, T. XCVII-I, pp 3-8.
- SIMÓN, J. L. y PARICIO, J. (1988): Sobre la compresión neógena en la Cordillera Ibérica. *Estudios Geológicos*, 44, pp. 271-283.
- SIMÓN, J. L. (1989): Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin (Spain). *Journal of Structural Geology*, vol. 11., nº 3, pp. 285-294.
- SIMÓN, J.L., SERÓN, F. J. y CASAS, A. M. (1988): Stress deflection and fracture development in the

- multidirectional extension regime. Mathematical and experimental approach with field examples. *Annales Tectonicae*, v. 2, n° 1, pp. 21-32.
- SIMÓN, J.L. (1989): Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin (Spain). *J. Struct. Geol.*, 11 n° 3, pp. 285-294.
- SIMÓN, J. L., GIL PEÑA, I. y CASAS, A. M. (1989): La fracturación distensiva cuaternaria en el sector occidental de la Cuenca del Ebro. *Resúmenes de la II Reunión Cuaternario Ibérico*. Madrid, p. 56.
- SOLER, M. y PUIGDEFABREGAS, C. (1970): Líneas generales de la geología del Alto Aragón Occidental. *Pirineos*, 96, pp. 5-20.
- ZUIDAM, R. A. VAN (1976): Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain. *Int. Inst. of Aerial Survey and Earth Sc. (ITC)*, Enschede, 211 p.

