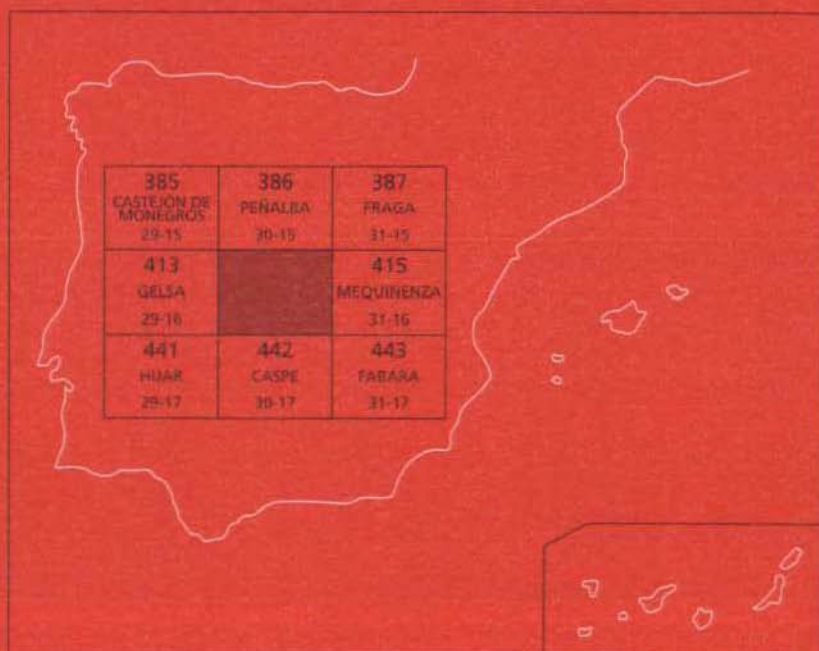




MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



BUJARALUZ

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

BUJARALUZ

© INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M-25.324-1997

ISBN: 84-7840-300-0

NIPO: 241-96-007-6

Fotocomposición: Cartografía Madrid, S. A.

Impresión: Hispagraphis, S. A.

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Bujaraloz (414) han sido realizados, durante 1991 y 1992 por la Compañía General de Sondeos S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

Mapa Geológico: J. Solà y J. M. Costa (CGS)

Mapa Geomorfológico: A. Olivé (CGS)

Memoria*:

Estratigrafía: J. Solà y J. M. Costa (CGS)

Geomorfología: A. Olivé (CGS)

Tectónica: J. Solà y J. M. Costa (CGS)

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

Hidrogeología: J.C. González Llamazares (CGS)

Geología Económica: A. García Villar (CGS)

Geotecnia: A. Hernández Samaniego (CGS)

Han colaborado en aspectos parciales:

Sedimentología de laboratorio: H. Pascual Muñoz y A. van den Hurk (CGS)

Micropaleontología: J. Ramírez del Pozo

Micromamíferos: G. Cuenca (Univ. Zaragoza)

Dirección del Estudio: A. Barnolas Cortinas y A. Robador Moreno

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

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

* Modificada y puesta al día por A. Robador y A. Barnolas

INDICE

	<i>Páginas</i>
0. INTRODUCCION.....	9
1. ESTRATIGRAFIA.....	12
1.1. TERCIARIO.....	14
1.1.1. Unidad de Mequinenza-Ballobar (Barranco de Valdeliesma).....	14
1.1.1.1. Arcillas rojas y ocres con paleocanales de areniscas (1). (Chattiense).....	18
1.1.1.2. Calizas en bancos delgados y arcillas rojas (2) (Chattiense)....	20
1.1.2. Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca (Barranco de Valcuerna)..	22
1.1.2.1. Arcillas rojas y paleocanales de arenisca (3).(Chattiense-Ageniense).....	25
1.1.2.2. Yesos, areniscas, margas y calizas (4) (Chattiense).	26
1.1.2.3. Calizas, margas grises y arcillas rojizas (5). (Chattiense-Ageniense).	27
1.1.3. Unidad Galocha-Ontiñena. (Pico San Vicente).	28
1.1.3.1. Arcillas rojizas ocasionalmente con nódulos de yeso, paleocanales de arenisca y niveles de caliza (6). (Ageniense).	32
1.1.3.2. Yesos, margas, arcillas rojizas y capas de calizas (7). (Ageniense).....	33
1.1.3.3. Capas de calizas y margas grises, ocasionalmente nódulos de yeso (8). (Ageniense).....	34
1.1.4. Unidad Bujaraloz-Sariñena.	36
1.1.4.1. Arcillas rojas, paleocanales de arenisca y capas de caliza, ocasionalmente nódulos de yeso (9). Ageniense.	38
1.1.4.2. Calizas y margas (10). (Ageniense-Aragoniense).....	41
1.1.4.3. Margas, calcisiltitas y yesos verdes (11). (Ageniense).....	42
1.1.4.4. Arcillas y yesos rojos (12). (Ageniense-Aragoniense).....	42
1.1.4.5. Margas grises, yesos nodulares y calizas (13). (Aragoniense)...	43
1.1.4.6. Yesos nodulares, tabulares y margas (14). (Aragoniense).....	44

1.2. CUATERNARIO	46
1.2.1. Gravas redondeadas y costras calcáreas. Limos. (15). Depósito del piedemonte pirenaico. Pleistoceno inferior.....	46
1.2.2. Cantos angulosos en matriz limo-arcillosa. (16, 18 Y 19). Glacis y glacis degradados. Pleistoceno.....	46
1.2.3. Gravas, arenas y arcillas. (17). Terrazas. Pleistoceno	47
1.2.4. Cantos y gravas en matriz limo-arcillosa. (20). Conos de deyección (21). Depósitos aluvial-coluvial. (23). Coluviones. Holoceno	47
1.2.5. Arcillas y limos con sales. (22). Fondos endorreicos. Holoceno.....	47
1.2.6. Gravas, arenas, limos y arcillas. (26). Aluviales y fondos de vale. Holoceno	48
2. TECTONICA.....	48
2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL	48
2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	49
2.3. EVOLUCION TECTONICA.....	50
2.4. NEOTECTONICA.....	51
3. GEOMORFOLOGIA	52
3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA.....	52
3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO	52
3.2.1. Estudio morfoestructural.....	53
3.2.2. Estudio del modelado	53
3.2.2.1. Laderas	53
3.2.2.2. Formas fluviales.....	53
3.2.2.3. Formas lacustres.....	54
3.2.2.4. Formas kársticas.....	54
3.2.2.5. Formas poligénicas.....	54
3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES	55
3.4. EVOLUCION DINAMICA	55
3.5. MORFOLOGIA ACTUAL Y SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS	56
4. HISTORIA GEOLOGICA.....	56
5. GEOLOGIA ECONOMICA	58
5.1. RECURSOS MINERALES	58
5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos	58
5.1.2. Minerales energéticos	59
5.1.3. Rocas industriales.....	59
5.2. HIDROGEOLOGIA.....	59
5.2.1. Climatología	63
5.2.2. Hidrología	65
5.2.3. Características hidrogeológicas.....	65
5.2.3.1. Depósitos cuaternarios.....	65
5.2.3.2. Materiales terciarios	65
5.2.4. Hidrogeoquímica.....	66

5.3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES.....	66
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.) .	70
7. GEOFISICA Y SONDEOS	72
8. BIBLIOGRAFIA	73

0. INTRODUCCION

La hoja topográfica, a escala 1:50.000, de Bujaraloz (30-16) se halla comprendida entre los meridianos $0^{\circ}11'10",5$ y $0^{\circ}08'49",5$ y los paralelos $41^{\circ}30'04",3$ y $41^{\circ}20'04",3$. Esta hoja se encuentra situada en el sector central de la Depresión del Ebro, en la comarca natural de Los Monegros y, administrativamente, su superficie se reparte entre las provincias de Zaragoza y Huesca.

La mayor parte de la hoja viene dominada por un relieve llano situado mayoritariamente entre las cotas 300 y 330-340 m. Este relieve sólo se halla interrumpido por el Barranco de Valcuerna, en el cuadrante NE, y por los escarpes que desaguan hacia el Ebro, en el margen meridional y extremo sureste de la hoja. Los puntos topográficamente más elevados corresponden a los vértices del Sable (390 m.) y Matadiablos (387 m.) situados en la mitad meridional de la hoja. Las zonas más deprimidas se hallan en la extremo sur-oriental, en las inmediaciones del río Ebro en el embalse de Mequinenza, con cotas de 120 m.

En la mitad sur de la hoja, el drenaje se realiza a través de una red de "vales" (nombre local que reciben los valles o barrancos) o cursos de agua esporádicos y estacionales. Estos cursos desaguan hacia el río Ebro en la vecina hoja de Caspe (30-17), en el extremo suroccidental de la hoja. Los "vales" que discurren por la mitad septentrional de la hoja desaguan hacia el Barranco de Valcuerna -procedente de la Sierra de Sigena, situada al norte de la hoja de Peñalba (30-15)- que también desemboca en el río Ebro en el margen este del territorio comprendido en la hoja.

El clima es de tipo continental árido, con escasas lluvias estacionales de carácter torrencial, temperaturas de invierno y de verano bastante extremas, además de un elevado contraste térmico entre las medias más frías y más calurosas. La pluviosidad es muy baja registrándose unos valores inferiores a los 350 mm. anuales. Por otro lado la inversión térmica es frecuente en el período invernal y, por lo tanto, las nieblas suelen ser frecuentes. La cobertura vegetal es poco abundante en la hoja si bien en las cercanías del Barranco de Valcuerna y del río Ebro abundan los bosques de pinos.

Las características climáticas y el roquedo de la zona, son los dos principales condicionantes del uso que se ha hecho del suelo y, por lo tanto, de la economía de la región. Debido a la esca-

sez de vegetación, gran parte de las zonas donde afloran los materiales terciarios, han sido usadas únicamente como tierras de pasto para el ganado ovino, muy abundante en la zona. El resto del territorio se ha aprovechado para el cultivo de secano, fundamentalmente cereales.

La densidad de población es muy baja y sólo existen tres núcleos habitados en el margen norte del territorio. Estas localidades son: Bujaraloz, con una población de 1080 habitantes, Peñalba que comparte su superficie con la hoja del norte a la cual da nombre, y que tiene una población de 838 habitantes y, finalmente, Candasnos, que también comparte su superficie con ambas hojas y cuya población es de 814 habitantes.

La mayor parte de los materiales que configuran el territorio que comprende la hoja, son de edad terciaria (Oligoceno superior - Mioceno inferior-medio) y, en pequeña proporción, existen materiales de edad cuaternaria, que recubren a los anteriormente citados.

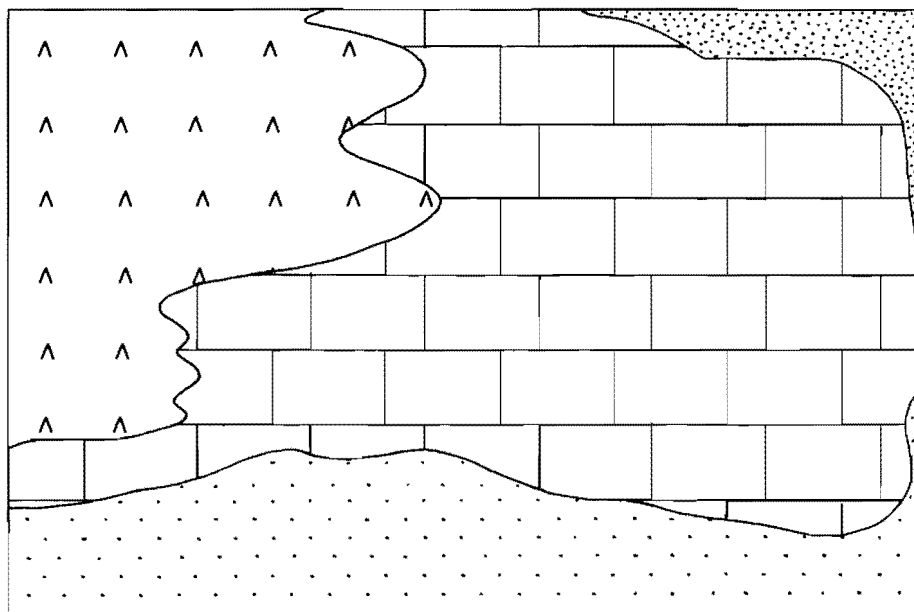
La distribución de facies de los sedimentos terciarios presentes en la zona, corresponde, a grandes rasgos, con la distribución general de la cuenca oligo-miocena (ver Figura 1). En la parte NE dominan los sedimentos pelíticos, ocasionalmente con intercalaciones de paleocanales de arenisca, procedentes de los sistemas aluviales del Pirineo. En el sector E y SE existe un predominio de materiales carbonatados, que forman parte de un importante depocentro lacustre denominado Sistema Lacustre de los Monegros (CABRERA, 1982). Por el contrario en el sector sur dominan los sedimentos arcillosos con intercalaciones de paleocanales de arenisca, procedentes de los sistemas aluviales de la Cordillera Ibérica. Finalmente en la parte centro-occidental de la hoja, existe un predominio de sedimentos de origen evaporítico, los cuales toman un mayor desarrollo en las vecinas hojas de Gelsa (29-16) y de Castejón de Monegros (29-15), situadas al oeste del área estudiada.

Los sedimentos de edad cuaternaria consisten principalmente en depósitos aluviales, que recubren los fondos de los "vales", depósitos coluviales, que en el sur de la hoja llegan a tomar una considerable extensión y también, en depósitos de zonas endorreicas, que recubren las depresiones que constituyen las conocidas lagunas de Bujaraloz. Cabe señalar que en el área de Candasnos, se encuentran depósitos de piedemonte pirenaico procedentes del norte, la mayor parte de cuya extensión, aflora en la vecina hoja de Peñalba (30-15).

La distribución de facies expuesta anteriormente, es la que condiciona la geomorfología general de la zona. En los márgenes oriental y meridional de la hoja domina el relieve abarrancado, mientras que en la zona central de la misma, predomina un relieve modelado en cuestras, que viene favorecido por la presencia de niveles calcáreos de considerable extensión lateral. Por el contrario, en el cuadrante nor-occidental, se desarrolla una morfología típica de la acción erosiva producida en sedimentos evaporíticos.

La actividad tectónica ha afectado de forma tenue a estos materiales. Existe un ligero buzamiento generalizado hacia el O y NO que se corresponde con la dirección general hacia el centro de la Cuenca del Ebro. Además, existen abombamientos y suaves morfologías sinformes y antifformes de poca continuidad que en el sector central y septentrional de la hoja pueden ser debidas a procesos halocinéticos, o sea, a procesos de deformación debidos a la presencia de sedimentos evaporíticos en el subsuelo.

BUJARALUZ (30-16)



SEDIMENTOS EVAPORITICOS



SEDIMENTOS LACUSTRES Y PALUSTRES



SEDIMENTOS DETRITICOS DE PROCEDENCIA PIRENAICA



SEDIMENTOS DETRITICOS DE PROCEDENCIA IBERICA

Fig. 1. Distribución general de facies dentro de la hoja

El área cartografiada, se halla situada en la parte central de la Cuenca del Ebro, y concretamente en su sector aragonés. Esta cuenca, se configura como una cuenca de antepaís, relacionada con la evolución del orógeno pirenaico (PUIGDEFABREGAS *et al.*, 1986), actuando, en este área, como centro de depósito de materiales continentales procedentes del desmantelamiento de las cordilleras circundantes: del Pirineo, situado al norte y de la Cordillera Ibérica, situada hacia el S y SO. Dentro de la zona estudiada se reconocen dos áreas de aporte: los materiales fluviales de la parte N y NE de la hoja son de procedencia pirenaica, mientras que los materiales fluviales de la parte S, son de procedencia ibérica.

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 lignitíferas de Calaf y Mequinenza, el de la J.E.N. (1979-81) para el sector sur-oriental. Trabajos posteriores IGME (1981) y ENRESA (1989) representaron, desde la perspectiva que nos ocupa, reelaboraciones de las cartografías geológicas anteriormente citadas, con aplicación de nuevos criterios cartográficos pero sin un trabajo de campo considerable, o bien, en otros casos aportaciones cartográficas importantes de áreas (lacustres) más localizadas (IGME, 1975, 1976, 1985, 1986, 1987; ENADIMSA, 1984). Por el contrario las hojas MAGNA elaboradas con posterioridad a las Hojas piloto, especialmente las de Cataluña (Pons, Cardona, Puigreig, Calaf) constituyen valiosas aportaciones al conocimiento estratigráfico y sedimentológico de sus materiales.

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

Para el estudio geológico de la hoja de Bujaraloz, se han levantado un total de 13 columnas estratigráficas que han respaldado el estudio cartográfico. Se han realizado además los habituales estudios de sedimentología, tectónica y geomorfología. Asimismo se ha procedido a la recolección de muestras para el estudio petrográfico, para el estudio de levigados y para estudios especiales de Rayos X.

1. ESTRATIGRAFIA

Como se ha mencionado en el capítulo de introducción, en la hoja de Bujaraloz se hallan representados parte de los materiales oligocenos y miocenos que colmatan la parte central de la Depresión del Ebro.

En la hoja existen tres principales dominios litológicos (ver Figura 1) que están constituidos por: (1) alternancia de tramos detríticos y tramos calcáreos, dominantes en los sectores NE,

E y S; (2) alternancia de tramos calcáreos y tramos arcillosos, mayoritarios en gran parte del sector central, y (3) alternancia de margas, (que a menudo contienen niveles de yeso nodular y de yeso estratiforme) y de capas calcáreas de espesor decimétrico, representada en el sector nor-occidental del territorio.

De esta forma, en la zona se reconoce una evolución de facies, continua y gradual, desde la parte nor-oriental y sur oriental, donde se encuentran las facies más proximales, hasta la parte nor-occidental de la zona, donde se desarrollan los materiales del tercer dominio litológico y que corresponden a las facies más distales presentes en la hoja.

Los sistemas deposicionales aluviales que han proporcionado los materiales terrígenos presentes en el territorio son: el Sistema de Huesca (*sensu* HIRST Y NICHOLS, 1986), representado en la parte nor-oriental de la zona y, los sistemas aluviales procedentes de la Cordillera Ibérica, representados en la parte meridional de la misma.

En la zona E y S de la hoja, en el sector lindante con las hojas de Mequinenza (31-16) y Caspe (30-17), se observa la interdigitación de los ambientes deposicionales de abanico aluvial distal y lacustre-palustre. Esta interdigitación permite observar una ordenación vertical rítmica de los sedimentos en este sector. Cada uno de estos ciclos está constituido por sedimentos aluviales distales en la base y por sedimentos lacustre-palustres a techo.

El límite entre cada ciclo es neto y brusco, mientras que el tránsito de unos sedimentos a los superiores, dentro del propio ciclo, se produce de forma gradual.

El estudio de esta ritmicidad ha permitido distinguir dentro de la hoja, cuatro secuencias que se han denominado como unidades genético-sedimentarias que se extienden a lo largo de decenas de kilómetros en áreas próximas y presentan espesores que oscilan de entre varias decenas a más de un centenar de metros. Los límites de estas unidades genético-sedimentarias se han diferenciado en la cartografía con el fin de facilitar la correlación de las mismas a lo largo de un amplio sector de la Cuenca del Ebro.

La correlación de los límites de estas unidades hacia el O y NO, ha permitido diferenciarlas en sectores más cercanos al centro de la Cuenca, donde todo el sedimento presente va evolucionando a facies de margen de lago salino y de lago salino. De la misma forma, la cartografía de estos límites, hacia áreas relativamente marginales de la cuenca, donde solamente existen facies detríticas, ha permitido distinguir los ambientes de abanico aluvial distal que corresponden a cada una de estas unidades.

Trabajando bajo este punto de vista, se ha diferenciado en la parte central de la cuenca del Ebro, un total de veinte unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendida entre el Priaboniense y el Aragoniense-Vallesiense. De todas estas sólo cuatro se hallan presentes en la hoja y tienen una edad comprendida entre el Oligoceno superior (Chattiense) y el Mioceno medio (Aragoniense). Estas unidades reciben, de base a techo, los nombres de: Unidad Mequinenza-Ballobar, Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, Unidad Galocha-Ontiñena y Unidad Bujaraloz-Sariñena.

Dentro del área cartografiada, aflora la parte superior de la Unidad Mequinenza-Ballobar (Barranco de Valdeliesma), la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca (Barranco de Valcuerna), la Unidad Galocha-Ontiñena (Pico San Vicente) y gran parte de la Unidad Bujaraloz-Sariñena, exceptuando sus tramos superiores. Las dos últimas unidades mencionadas, son las que afloran más extensamente y por lo tanto, en ellas se puede observar mejor sus evoluciones laterales de facies.

La correlación de estas unidades genético-sedimentarias con las unidades litoestratigráficas definidas por QUIRANTES (1969), se puede observar en la Figura 2.

En la Figura 3 se puede observar la evolución espacial y temporal de estas unidades genético-sedimentarias en el sector de Los Monegros, mientras que en la figura 4, se representa el ensayo de correlación de las mismas con las unidades tecto-sedimentarias definidas por PEREZ *et al.* (1988) y por ARENAS Y PARDO (1991).

Dentro del territorio que comprende la hoja, con anterioridad a este estudio, se realizó el sondeo de BUJARALÓZ.

Por último, cabe mencionar que los depósitos cuaternarios, dentro de la hoja, son de poca entidad. En la mitad occidental de la misma, existen depósitos asociados a zonas endorreicas, en las conocidas lagunas de Bujaraloz. En el extremo NE de la zona estudiada, se desarrollan depósitos asociados al piedemonte Pirenaico, mientras que en el resto del territorio, únicamente son destacables los depósitos de fondo de valle y de coluviones de diferente extensión areal.

1.1. Terciario

1.1.1. **Unidad de Mequinenza-Ballobar (Barranco de Valdeliesma)**

Esta unidad ha sido caracterizada en la vecina hoja de Fraga y se ha podido seguir cartográficamente a través de las hojas de Mequinenza, Fabara, Bujaraloz, Caspe y Gelsa.

En el área de Fraga se trata de una unidad constituida por sedimentos detríticos, procedentes del Pirineo, que hacia techo, evolucionan a sedimentos de origen lacustre-palustre. En el sector de Mequinenza y Fabara, está principalmente formada por una alternancia de areniscas fluvio-lacustres y de calizas de origen lacustre-palustre. Finalmente en los sectores de Caspe, Bujaraloz y Gelsa, viene nuevamente representada por sedimentos detrítico-aluviales, procedentes de la Cordillera Ibérica, entre los que se intercalan materiales carbonáticos de origen lacustre-palustre; estas intercalaciones son más frecuentes hacia el techo de la unidad (ver Figs. 5 y 6).

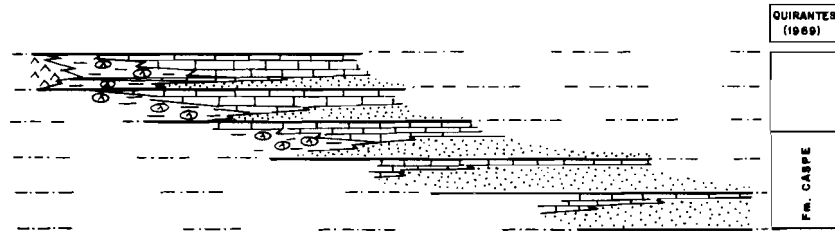
Dentro de la hoja de Bujaraloz, su área de afloramiento se reduce al extremo sur-oriental, desde las inmediaciones del río Ebro, hasta el sur del pico Crispín (364 m.), en el límite meridional de la hoja.

EDAD			UNIDADES GENETICO SEDIMENTARIAS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS Quirantes, 1969	DESCRIPCION DE LAS LITOLOGIAS HOJA DE BUJARALOZ	YACIMIENTOS PALEONTOLOG.
SERIE	PISO	U. MEIN				
MIOCENO	ARAGONIENSE	MN-3b	U. BUJARALOZ-SARIÑENA	Fm. Alcañete Mb. Cal Peñalba	14. Yesos nodulares, tabulares y margas 13. Margas grises, yesos nodulares y niveles de calcisiltita. 12. Arcillas y yesos rojos. 11. Margas, calcisiltitas y yesos verdes. 10. Calizas y margas. Ocasionalmente nódulos de yeso. 9. Arcillas rojas, areniscas en paleocanales y capas de caliza. Ocasionalmente nódulos de yeso.	- Estrazón - Peñalba
		MN-3a				
	MN-2b	U. GALOCHA-ONTIÑENA	Fm. Alcañete Mb. Cardiel Fm. Alcañete Mb. Bujaraloz	8. Capas de caliza y margas grises. Ocasionalmente nódulos de yeso. 7. Yesos, margas, arcillas rojizas y capas de caliza. 6. Arcillas rojizas, a veces con nódulos de yeso, areniscas en paleocanales y niveles de caliza.		
	MN-2a					
AGENIENSE	MN-1	U. TORRENTE DE CINCA-ALCOLEA DE CINCA	Fm. Mequenza Mb. Losarcos	5. Calizas, margas grises y arcillas rojizas. 4. Yesos, areniscas, margas y calizas. 3. Arcillas y areniscas en paleocanales.		
OLIGOCENO	CHATT.		U. MEQUINENZA-BALLOBAR	Fm. Castejón	2. Calizas en bancos poco potentes y niveles pelitico-rojizos 1. Arcillas rojas y ocre con paleocanales de arenisca.	

Fig. 2. Cuadro sintético de los materiales oligo-miocenos de la hoja de Bujaraloz



QUIRANTES (1969)		UNIDADES GENETICO-SEDIMENTARIAS DEL SECTOR CENTRAL DE LA C. DEL EBRO
Fm. ALCUBERNE Fm. ZARAGOZA		U. BUJARALAZ - SARIENA
		U. GALOCHA - ONTIRENA
		U. TORRENTE DE CINCA - ALCOLEA DE CINCA
		U. MEQUINENZA - SALLOBAR
		U. FAYON - FRAGA



LEYENDA







-  FACIES DE LAGO SALINO
-  FACIES DE MARGEN DE LAGO SALINO
-  FACIES LACUSTRES - PALUSTRES
-  FACIES DE ABANICO ALUVIAL DISTAL
-  LIMITE DE UNIDADES GENETICO - SEDIMENTARIAS
-  CAMBIO DE FACIES



Fig. 3. Modelo secuencial de las unidades genético-sedimentarias en el sector sur de Los Monegros

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

Fig. 4. Ensayo de correlación de las unidades genético-sedimentarias diferenciadas en la hoja y las unidades tectosedimentarias de PEREZ et al. (1988).

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

La base de esta unidad no aflora dentro de la hoja, mientras que el contacto con la unidad superior (Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca), consiste en un cambio brusco de facies entre las facies fluvio-lacustres, que caracterizan la parte superior de la Unidad Ballobar y las facies aluviales (paleocanales de ríos meandriformes), que constituyen la parte inferior de la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca.

La atribución cronoestratigráfica de estos materiales, puede precisarse con notable precisión en el área de Fraga, gracias a los yacimientos de micromamíferos (Fraga-6 y Fraga-7) estudiados por AGUSTI *et al.* (1988). Estos estudios permiten incluir esta unidad dentro del Oligoceno superior, en la biozona de *Rhodanomys transiens* y probablemente ocupando la parte superior de la biozona de *Eomys aff. major*.

Como ya se ha mencionado, en el área cartografiada solamente aflora la parte superior de esta unidad, que tiene un mayor desarrollo espacial en la vecina hoja de Caspe (442). Está formada principalmente por materiales arenosos y pelíticos de origen fluvial que forman parte de la Formación Caspe (QUIRANTES, 1969). En la cartografía, se han diferenciado dos niveles mayoritariamente carbonatados, el primero de los cuales se intercala entre los materiales siliciclásticos de la unidad y, el segundo, constituye la parte superior de la misma. Estos niveles forman parte de la Formación Mequinenza (Miembro Losarcos) de QUIRANTES (*op. cit.*) (ver Figura 2) y de las Unidades calizas de Mequinenza y lutitas y calizas de Granja d'Escarp, definidas por CABRERA (1982).

Debido a que esta unidad solamente aflora, de forma parcial (60-70 m de potencia) en el extremo sur-oriental del territorio, no se observa una clara evolución de sus facies, tanto en vertical, como en lateral. No obstante, cabe señalar, que los materiales carbonatados predominan en la parte superior de la unidad. También se puede observar que tanto hacia el S como hacia el SO, existe un mayor porcentaje de paleocanales de arenisca, respecto al que existe en el sector SE, donde domina el material pelítico; este hecho se debe a que estos materiales constituyen la parte distal de un sistema deposicional procedente de la Cordillera Ibérica, situada al SO del área estudiada.

1.1.1.1. Arcillas rojas y ocreas con paleocanales de areniscas (1). (*Chattiense*)

Los materiales pertenecientes a esta unidad cartográfica, afloran en la parte meridional del territorio comprendido en la hoja, aproximadamente entre las inmediaciones del Río Ebro, al SE y el paraje de Vales viejas, en la parte centro-meridional. Entre estos materiales se intercalan los niveles carbonatados que se describirán en el apartado siguiente. La potencia de este tramo oscila entre los 60 m y los 80 m.

En el sector sur-oriental del área cartografiada, esta unidad consiste en un tramo fundamentalmente pelítico, formado por arcillas y limos ocreos que frecuentemente presentan marmorizaciones. Entre las pelitas se intercalan bancos de arenisca de un espesor máximo de 1 m. Estos bancos, internamente presentan superficies de reactivación que individualizan cuerpos con superficies de acreción lateral. Ocasionalmente, estos bancos presentan una fuerte

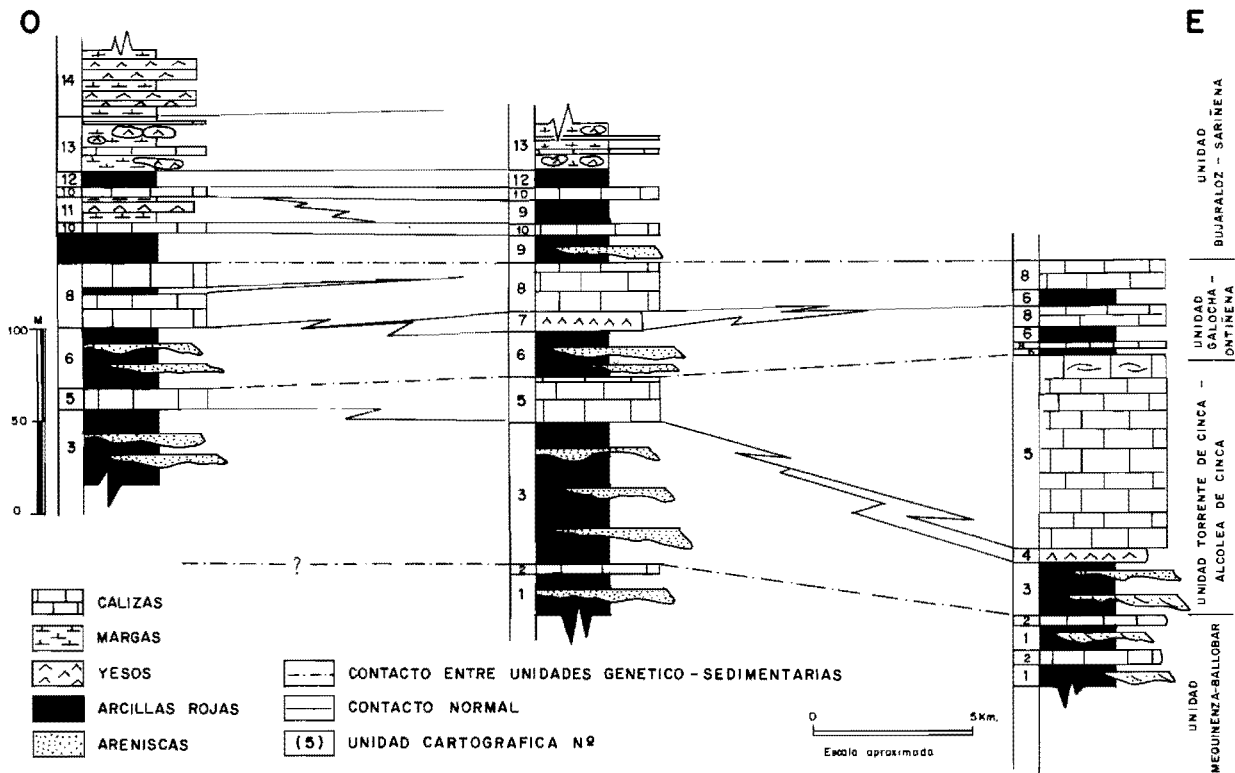


Fig. 5. Columnas generales sintéticas de la hoja de Bujaraloz

bioturbación que no permite observar las estructuras sedimentarias primarias. También existen intercalaciones de areniscas tabulares, de grano fino y muy fino. En el sector centro-meridional de la hoja, los bancos de arenisca son más importantes, tanto en número como en espesor. En la serie del Mas de los Muñeones (03), se han medido unos 20 m de serie correspondiente a esta unidad, cuyas características coinciden con las ya expuestas.

Al microscopio, las areniscas se presentan como litarenitas con un 24% de granos de cuarzo, un 20% de granos calcáreos y un 7% de granos de feldespato potásico. El cemento es calcáreo y silíceo. El yeso se presenta como accesorio y como cemento.

De acuerdo con sus características sedimentológicas este tramo representa una asociación de facies correspondiente a un medio fluvial meandriforme. Los bancos de arenisca pueden interpretarse como barras de meandro (Fig. 13), mientras que las pelitas y las areniscas tabulares representan las facies de llanura de inundación.

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

1.1.1.2. *Calizas en bancos delgados y arcillas rojas (2). (Chattense)*

Al igual que la unidad descrita en el apartado anterior, esta asociación de facies aflora en la parte meridional de la hoja. Se presenta como dos intercalaciones de materiales carbonatados y pelíticos que se desarrollan en la parte superior de la Unidad Mequinenza-Ballobar (Barranco de Valdeliesma). El primero de estos niveles, se intercala entre los materiales descritos en el apartado anterior mientras que el segundo, suprayace estratigráficamente a los mismos.

El nivel inferior consiste en una alternancia de lutitas rojizas y de capas de calizas micríticas. Las lutitas están marmorizadas y las calizas presentan un espesor de orden métrico.

El segundo nivel, en la serie del Mas de los Muñeones, está constituido por una alternancia de margas y de arcillas rojizas y ocreas con abundantes signos de bioturbación. En la parte superior, se encuentra un nivel carbonatado de 1,5 m de espesor, que contiene abundante materia orgánica y perforaciones producidas por raíces.

Al microscopio, las calizas corresponden a calizas micríticas (textura *mudstone*), que presentan porosidad debida a raíces y a cavernas (*vug*) y también restos organógenos recristalizados.

Esta asociación de facies puede interpretarse, de acuerdo con sus características sedimentológicas, como depósitos de origen lacustre-palustre (Fig. 13).

La posición estratigráfica de estos materiales situados en la parte superior de la Unidad Mequinenza-Ballobar, permite atribuirles una edad Chattense.

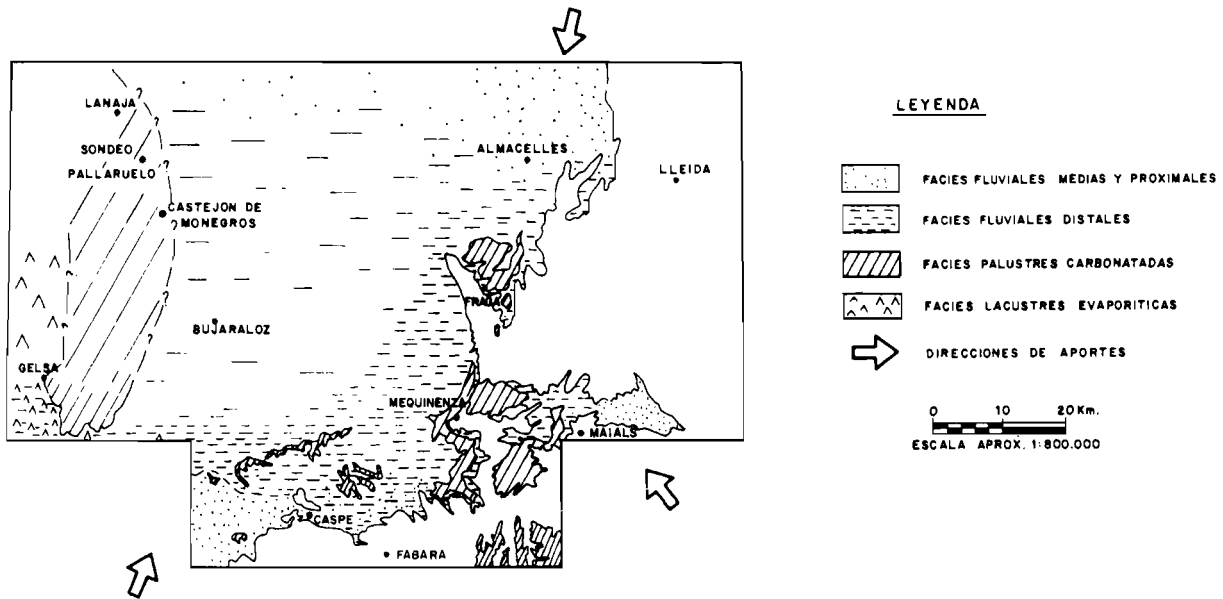


Fig. 6. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Mequinzenza-Ballobar

1.1.2. Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca (Barranco de Valcuerna)

Esta unidad aflora extensamente en la mitad oriental del área cartografiada, así como también en toda su franja meridional. Se halla bien representada en el Barranco de los Pozos, en el Barranco de Valcuerna, en las cercanías del embalse de Mequinenza, y en la parte media de los escarpes que se siguen a lo largo de toda la zona meridional de la hoja.

Esta unidad, en el área de estudio presenta una clara evolución vertical de facies (Fig. 7), ya que su parte basal, en toda la hoja se halla constituida por facies terrígenas fluviales, mientras que su parte superior está formada por calizas de origen lacustre-palustre. El paso de unas facies hacia las otras se realiza de forma transicional. Es de señalar, que en el sector oriental entre las facies terrígenas y las carbonáticas, se desarrollan facies evaporíticas (Fig. 7). También cabe destacar que en el sector sur-occidental existe un mayor desarrollo de las facies terrígenas en detrimento de las facies carbonáticas, contrariamente de lo que ocurre en el sector oriental (Fig. 7). Este hecho se debe a que el área sur-occidental se halla geográficamente más próxima a la Cordillera Ibérica, que representa el área de proveniencia de los sistemas aluviales.

En el sector oriental, la potencia de la unidad es de unos 150-160 m; ésta se ha medido parcialmente en las secciones de la Val de la Liberola (01) (50 m), de Valdesevilla (02) (140 m) y del Barranco de Valdeliesma (09) (120 m). En el sector sur-occidental la potencia total de la unidad ha sido medida en la serie del Mas de los Muñecones (03) y es del orden de los 90 m. Existe pues un progresivo aumento de potencia desde el sector sur-occidental hasta el sector oriental (Fig. 7), hecho que coincide con una progresiva evolución de facies aluviales a facies palustre-lacustres que se realiza en el mismo sentido y que ya se ha comentado en el párrafo anterior.

Su contacto con la unidad infrayacente, es un cambio brusco de facies, que se manifiesta por la superposición del tramo basal terrígeno de esta unidad sobre los materiales carbonatados de la Unidad de Mequinenza-Ballobar. Este hecho puede corresponder a una etapa de reactivación de los sistemas aluviales que aportó material terrígeno hacia el centro de la cuenca.

En la parte central de la Cuenca del Ebro, esta unidad aflora en las hojas de Sariñena (357), Peñalba (386) y Fraga (387), donde está compuesta, a grandes rasgos, por una asociación de facies de abanico aluvial distal, en la base, y una asociación de facies lacustre-palustre hacia el techo de la unidad. En este sector los materiales aluviales tienen una clara procedencia pirenaica. En el área comprendida en las hojas de Mequinenza (415), Fabara (443) y Caspe (442), tiene una distribución vertical de facies idéntica a la descrita, es decir: en la base está formada por materiales terrígenos aluviales y en el techo por carbonatos de origen lacustre-palustre. En este sector, los materiales aluviales tienen una procedencia de la Cordillera Ibérica y es probable que también de los Catalánides (ver Figura 8).

Desde el punto de vista cronoestratigráfico, al menos la parte inferior de la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca es de edad oligocena (Chattense), según se desprende de los datos bioestratigráficos que aportan AGUSTI *et al.* (1988), con el estudio de vertebrados en los yacimientos de Fraga 11 y de Ballobar 12, situados al NE de la zona de estudio, en la hoja de Fraga. Según los datos de estos mismos autores, la parte superior de la unidad puede ser ya miocena, ya que el yacimiento TC-68, situado en la serie de Torrente de Cinca (en la veci-

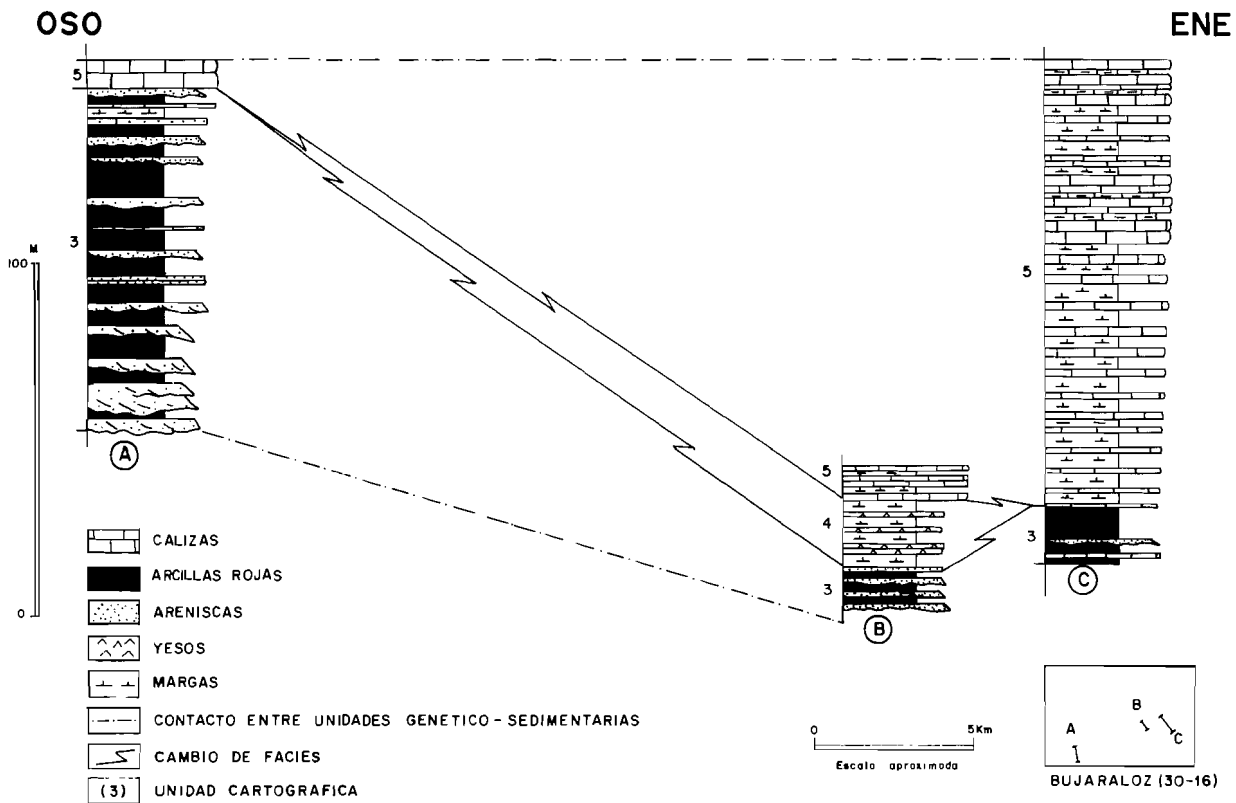


Fig. 7. Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca (Bco. Valcuerna)

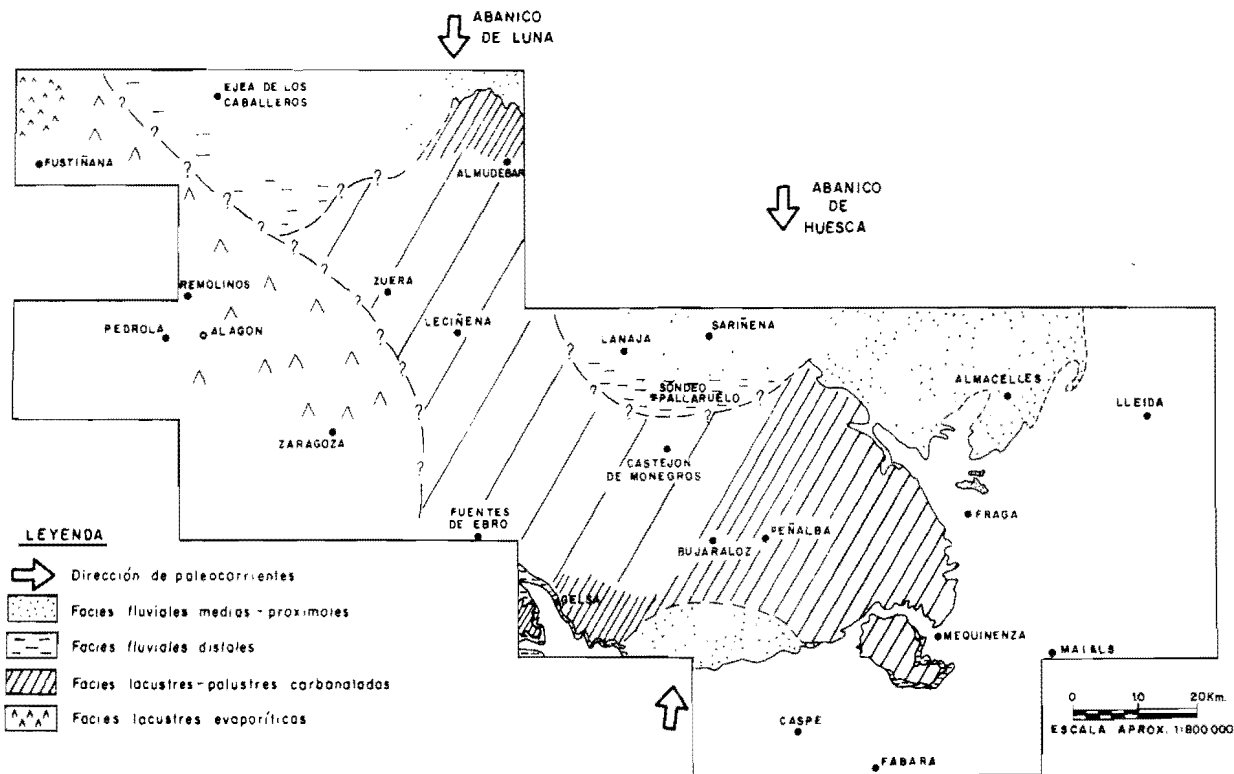


Fig. 8. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Torre de Cinca-Alcolea de Cinca

na hoja de Mequinenza), concretamente en la parte superior del tramo carbonatado de la unidad, tiene esta edad (zona 1 de MEIN). También se han identificado restos de micromamíferos en el yacimiento de Ontiñena (CUENCA *et al.*, 1991), situado en la hoja de Sariñena en los niveles superiores de la unidad, que tienen una edad idéntica a la citada en el yacimiento TC-68. En el estudio de vertebrados realizado en el territorio que comprende la hoja, CUENCA (com. pers.) identifica una fauna en los yacimientos de Valcuerna y de Efesa, equivalente a la del yacimiento de Fraga 11.

Los materiales que constituyen esta unidad forman parte de las Formaciones. Mequinenza (Mb. Losarcos), Caspe y Alcubierre (Miembros. Bujaraloz y Cardiel) definidas por QUIRANTES (1969) y de las unidades Lutitas de la Cuesta de Fraga y Calizas de Torrente de Cinca, definidas por CABRERA (1982).

En la cartografía geológica se han diferenciado tres unidades como componentes de la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca. La unidad inferior (3) está formada por arcillas y areniscas, la intermedia (4), por facies evaporíticas y la superior (5), por una alternancia de calizas y margas.

1.1.2.1. *Arcillas rojas y paleocanales de arenisca (3). (Chattense-Ageniense)*

Esta unidad cartográfica aflora en los escarpes existentes en el S y SE de la hoja. Llega a desaparecer en las inmediaciones del Barranco de Valcuerna, en el sector centro-oriental del territorio.

Las facies que la caracterizan están representadas en las series de el Mas de los Muñeones (03), Refugio de Pescadores (08) y barranco de Valdeliesma (09). En el sector del Mas de los Muñeones, en el límite entre las hojas de Bujaraloz y Caspe, no llega a aflorar la base de la unidad, pero se han medido unos 100 m. de serie correspondientes a la misma. En la zona del Refugio de Pescadores, se han medido unos 15 m y en el barranco de Valdeliesma 30 m. Estos datos ilustran la progresiva disminución de potencia de la unidad desde el sector sur-occidental hasta el nor-oriental, hecho ya comentado en el apartado anterior.

Litológicamente la unidad está constituida por pelitas entre las que se intercalan areniscas y, ocasionalmente, niveles de margocalizas.

Los niveles pelíticos son de color rojizo, en ocasiones versicolores, con evidentes signos de haber sufrido procesos edáficos. Estos niveles hacia la parte superior de la serie son más grisáceos y pueden alcanzar unos espesores de hasta 5 metros.

Las capas de arenisca, según sus características, pueden agruparse en diversas facies: la más abundante, está constituida por bancos de arenisca con base erosiva, tendencia granodecreciente y superficies de acreción lateral; llegan a alcanzar los 2 m de espesor y pueden agruparse en bancos de hasta 10 m de potencia. En menor proporción, existe una segunda facies de capas que se caracterizan por alcanzar un espesor menor (hasta 50 cm), son tabulares, de aspecto masivo, y con una ligera tendencia granodecreciente. Finalmente, la facies

menos frecuente de capas de arenisca, presentan base erosiva e, internamente, los bancos consisten en cuerpos amalgamados con estratificación cruzada en surco y/o planar; llegan a alcanzar un espesor de hasta 2,5 m y no muestran superficies de acreción lateral.

Las capas de calizas son escasas. Tienen una considerable cantidad de materia orgánica, que se refleja por su olor fétido y también un cierto contenido en limo. A menudo contienen restos fósiles y están perforadas por raíces.

Petrográficamente, las areniscas corresponden a litarenitas, con un porcentaje de granos calcáreos del 25% y un 20% de granos de cuarzo. El cemento es calcáreo (11%-25%) y yesífero (3%-19%). Por otro lado, las calizas presentan textura *wackestone* a *packstone*, con restos de ostrácodos, de gasterópodos y de caráceas (tallos y oogonios). Algunas de las muestras están recristalizadas.

De acuerdo con las características sedimentológicas que presentan, las facies del primer tipo de areniscas descritas pueden interpretarse como depósitos de barras de meandro (Fig. 13), el tercer tipo de facies, se interpreta como el relleno de paleocanales de ríos rectilíneos, mientras que el segundo tipo, junto con las arcillas, corresponde a facies de llanura de inundación (Fig. 13). Por su parte, los niveles carbonatados representan la sedimentación producida en zonas de encharcamiento local dentro de la llanura de inundación.

En conjunto, esta unidad cartográfica, presenta una asociación de facies característica de las partes distales de abanico aluvial.

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

1.1.2.2. Yesos, areniscas, margas y calizas (4). (*Chattiense*)

Esta unidad cartográfica únicamente aflora en el sector centro-oriental del territorio, en las inmediaciones del Barranco de Valcuerna y del embalse de Mequinenza. Estratigráficamente se sitúa entre la parte basal, terrígena, de la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca y la parte superior, carbonática de la misma.

Su potencia ha sido evaluada en la serie del refugio de pescadores (08), en 20 m. En este sector está constituida por una alternancia de margas grisáceas y de niveles de yeso de un espesor máximo de 50 cm. Los niveles de yeso son blanquecinos y son de aspecto pulverulento. Entre las margas y, sobre todo en la parte basal, se intercalan niveles de arenisca de grano medio, que se organizan en bancos de hasta 1,5 m de espesor. Internamente presentan estratificación cruzada planar y, ocasionalmente superficies de acreción. En la parte media y superior de la unidad también existen intercalaciones de calizas micríticas de escaso espesor.

Del estudio petrográfico de las muestras, se deduce que el yeso es secundario, bien alabastro, o bien porfiroblástico. Presenta inclusiones de anhidrita que testifican la fase anterior

y también grietas de disolución, rellenas principalmente de carbonatos y de arcillas. Por su parte las areniscas corresponden a gipsarenitas con un 20%-27% de cemento yesífero y un 2%-18% de cemento calcáreo. En menor proporción existen clastos silíceos y calcáreos.

Los niveles de arenisca descritos anteriormente, presentan características típicas de los depósitos de barras de meandro (Fig. 13), mientras que los materiales evaporíticos, intercalados entre margas y capas calcáreas, corresponden a facies de margen de lago salino (Fig. 13). El conjunto de la unidad representa facies de transición entre abanico aluvial distal y margen de lago salino.

Por el hecho de que esta unidad, se sitúe en una posición estratigráfica relativamente baja, dentro de la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, se le atribuye una edad correspondiente al Chattiense.

1.1.2.3. *Calizas, margas grises y arcillas rojizas (5). (Chattiense-Ageniense)*

Este es el nivel cartográfico que culmina la unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca. Su área de afloramiento es la misma que la de la unidad (3); cabe señalar que los sedimentos carbonáticos de esta unidad son más abundantes en las zonas donde las facies de abanico aluvial distal están menos desarrolladas. De esta forma, en los escarpes del sur de la hoja esta unidad cartográfica tiene poco desarrollo y se llega a acuñar de forma total hacia el oeste, mientras que en el sector oriental, presenta un gran desarrollo (Barranco de Valdeliesma, Barranco de Valcuerna y Val de la Liberola).

La potencia total de esta unidad se ha medido en las secciones de Valdesevilla (02) (115 m), del Mas de los Muñeones (03) (12 m) y del Barranco de Valdeliesma (09) (95 m). De la misma forma, se ha medido de forma parcial en las series de la Val de la Liberola (01) (50 m) y de Valserenosa 1 (07) (30 m).

En la parte occidental de la hoja esta unidad está constituida por lutitas con intercalaciones de capas de caliza. Las lutitas son margas grises y arcillas rojizas edafizadas que, en algunas ocasiones, contienen nódulos de yeso. Los niveles calcáreos, se agrupan en bancos de escala métrica. Consisten en capas de caliza con cierto contenido de limo, restos organógenos y abundante materia orgánica que les confiere un olor fétido; en la parte superior, se observan perforaciones producidas por raíces. En este mismo sector, se produce una ligera variación vertical de las facies de la unidad: en la parte basal de la misma, existe mayor número de intercalaciones de arcillas rojizas, que disminuyen progresivamente hacia el techo, a la vez que aumentan las intercalaciones de margas grises entre los niveles carbonáticos.

En la parte oriental de la hoja, donde esta unidad tiene un desarrollo más importante, consiste en una serie predominantemente carbonática, constituida por una alternancia de margas grises, margocalizas y capas de caliza. Estas tres litologías dominantes, se organizan en ciclos de somerización de escala métrica y decamétrica. En la base están constituidos por margas, con algunas intercalaciones de margocalizas, a menudo, contienen nódulos de yeso de coloración verdosa y de considerable diámetro. Hacia techo, estos ciclos están constituidos básicamente

camente por calizas que, a menudo, presentan superficies de reactivación, estructuras tractivas de tipo *hummocky*, laminaciones y estratificaciones onduladas, laminaciones paralelas y *ripples* de oscilación. En el techo de las capas individuales, y en mayor grado, en el techo de los ciclos, se desarrollan frecuentes perforaciones producidas por raíces. Estas capas poseen abundante contenido orgánico consistente en caráceas, gasterópodos y restos vegetales carbonizados. También presentan nódulos de sílex.

En el sector sur-oriental del territorio, en la falda sur del Pico del Balcón, entre las facies carbonáticas, se intercalan niveles arenosos, probablemente de origen lacustre. Estos niveles representan las facies de transición entre los materiales terrígenos descritos en el apartado anterior y los carbonáticos que constituyen esta unidad cartográfica.

Estas areniscas, al microscopio se presentan como litarenitas, con un 36% de fragmentos de caliza y un 20% de fragmentos de cuarzo. El cemento es calcáreo y, en menor proporción, yesífero.

Petrográficamente, las calizas corresponden a calizas micríticas y bioclásticas de textura *mudstone-wackestone* y *wackestone-packstone*, con ostrácodos, gasterópodos y tallos de carofitas. Presentan porosidad móldica rellena de esparita, porosidad fenestral, ocasionalmente rellena de yeso secundario y porosidad de tipo *vug*. Algunas de las muestras están recrystalizadas.

Según las características sedimentológicas descritas, podemos concluir que en el sector oriental estos sedimentos se depositaron en un ambiente francamente lacustre, mientras que hacia el suroeste, se depositaron en zonas más marginales, correspondientes a un ambiente palustre-lacustre (Fig. 13).

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

1.1.3. Unidad Galocha-Ontiñena. (Pico San Vicente)

Esta unidad aflora de forma continua en la mitad oriental de la hoja, así como en el cuadrante sur-occidental.

A grandes rasgos se puede precisar que, en esta hoja, la unidad Galocha-Ontiñena está constituida por tres tipos de litofacies diferentes. La parte inferior de la unidad está formada por lutitas rojizas y capas de arenisca, de origen fluvio-aluvial, mientras que la parte superior está constituida por sedimentos carbonáticos, de origen lacustre-palustre. En la mitad oriental del territorio y también en el sector más occidental, entre las facies lutíticas inferiores se intercalan varios niveles calcáreos, que en la cartografía se han diferenciado localmente. Cabe

precisar que tanto las facies lutíticas como las carbonáticas pasan transicionalmente, en la zona del Barranco de Valserenosa, en la parte centro-septentrional de la hoja, a facies evaporíticas. Los depósitos de facies fluvio-aluviales de la base de la unidad en el sector oriental de la hoja están compuestos por lutitas, correspondiendo a facies distales de un sistema de probable procedencia pirenaica. Estas contrastan con las facies aluviales que constituyen la parte inferior de esta unidad en la parte sur-occidental de la hoja que incluyen paleocanales de arenisca, intercalados entre lutitas y que se interpretan como procedentes de la Cordillera Ibérica (Fig. 9).

La potencia total de la unidad, se ha evaluado y representado en las series de la Val de la Liberola (01) (70 m) y del Pico San Vicente (04) (50 m). También se ha medido parcialmente en las secciones de Valdesevilla (02) (60 m), del Barranco de Valserenosa 1 (07) (40 m) y del Barranco de Valserenosa 2 (10) (65 m). Al igual que la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, esta unidad disminuye de potencia desde el sector sur-occidental hasta el sector oriental.

El contacto con la unidad infrayacente, descrita en el apartado anterior, es un cambio brusco de facies entre las facies aluviales que forman la base de esta unidad y los carbonatos de origen lacustre-palustre, que constituyen la parte superior de la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca (unidad cartográfica 5), hecho que refleja una reactivación de los sistemas aluviales.

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la Unidad Galocha-Ontiñena se ha caracterizado en las hojas de Sariñena y Lanaja, donde presenta facies aluviales procedentes del Pirineo que forman parte del Sistema de Huesca (*sensu* HIRST Y NICHOLS, 1986). En la parte meridional de la hoja 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, Mequinenza y la parte oriental de la presente hoja, 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 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 10). Estos materiales, hacia el territorio ubicado en la zona central de la presente hoja, la mitad septentrional de la hoja de Gelsa y la parte meridional de la hoja de Castejón de Monegros, pasan progresivamente a facies evaporíticas (Fig. 10).

También ha sido cartografiada en las hojas de Fustiñana, Ejea de los Caballeros, Almudevar y Zuera, donde presenta una distribución vertical de facies similar a la descrita en los párrafos anteriores y, donde las facies aluviales que constituyen la unidad, forman parte del Sistema de Luna (*sensu* HIRST y NICHOLS, 1986) (ver Figura 10).

En el ámbito de la hoja, no ha sido posible determinar la edad de esta unidad debido a la ausencia de yacimientos de micromamíferos. Sin embargo, en hojas vecinas existen datos paleontológicos de interés que permiten acotar su edad. En la parte superior de la infrayacente Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, en la hoja de Sariñena, CUENCA *et al.* (1991) han estudiado el yacimiento de Ontiñena en el que han identificado restos de micro-

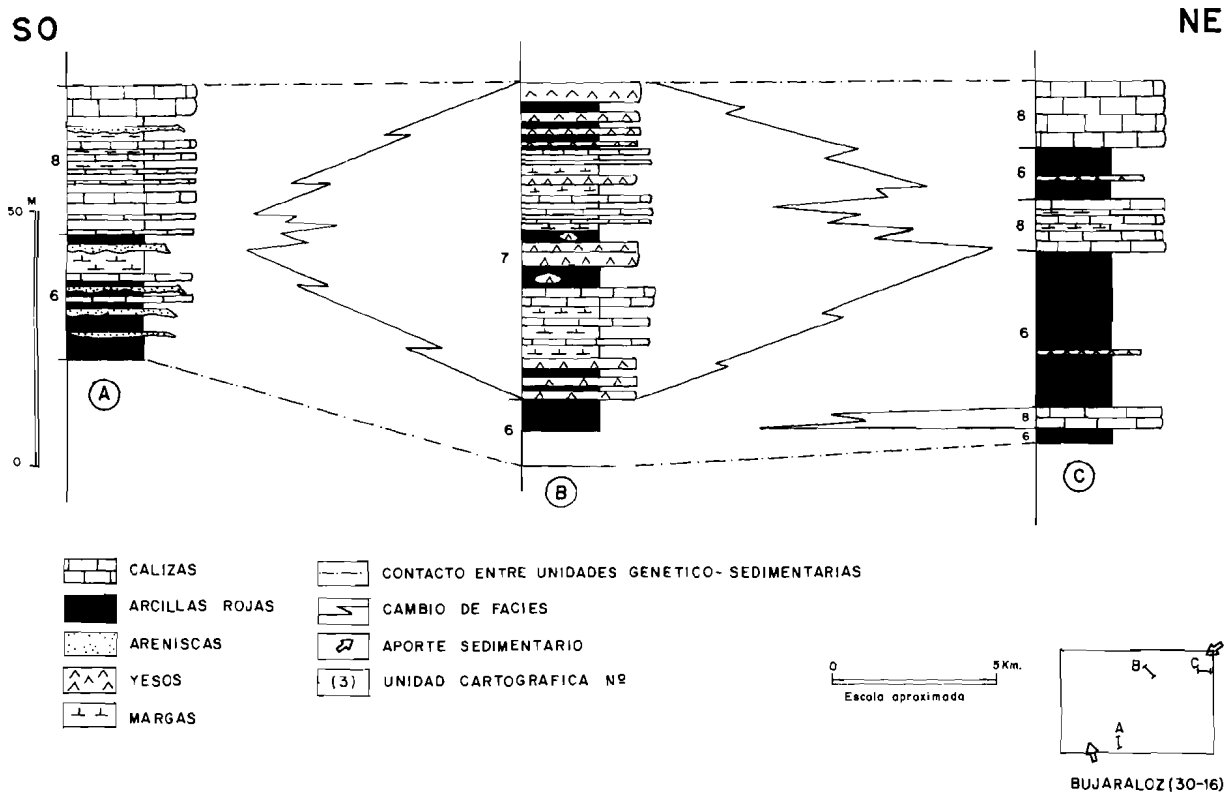


Fig. 9. Secciones estratigráficas de la unidad Galocha-Ontiñena (Pico San Vicente)

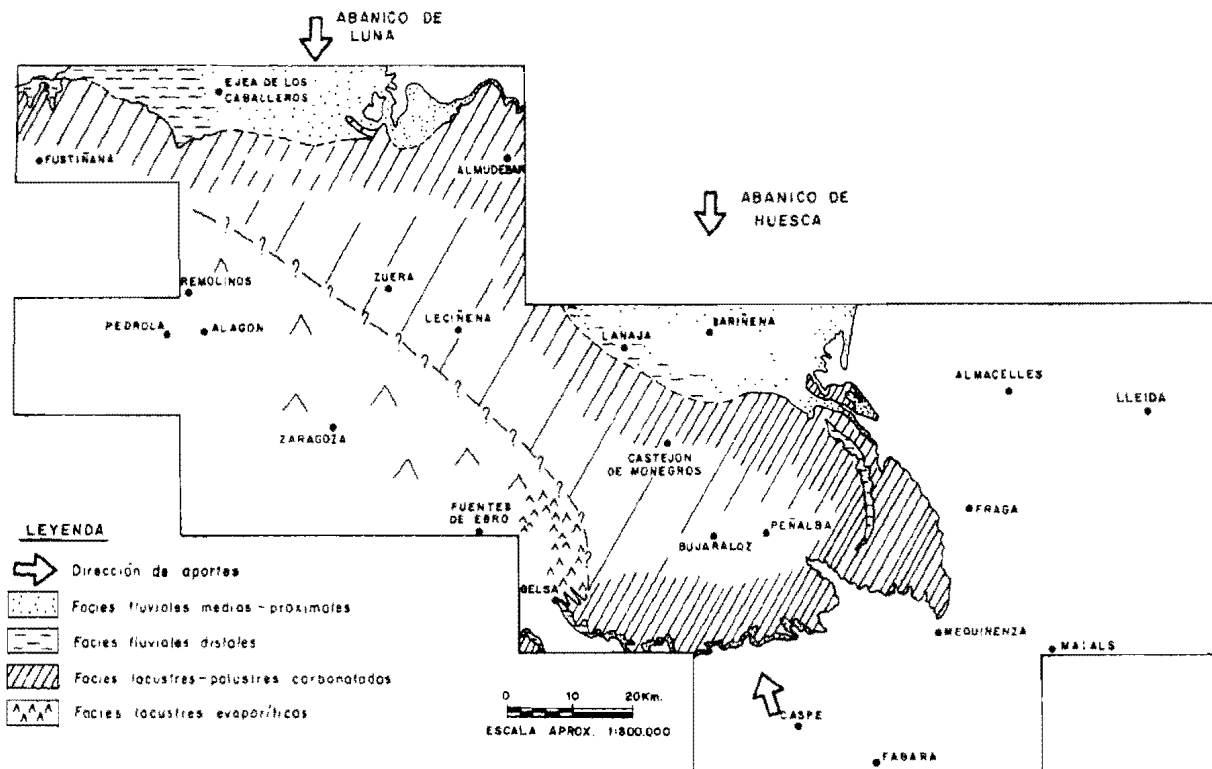


Fig. 10. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Galocha-Ontiñena

mamíferos correspondientes a la biozona 1 de MEIN (Ageniense). Por otro lado, en la parte media-inferior de la suprayacente unidad de Bujaraloz-Sariñena, dentro de la hoja de Peñalba, AZANZA *et al.* (1988) y CUENCA *et al.* (1989) han estudiado cinco yacimientos paleontológicos en los que han encontrado, entre otras, la especie *Ritteneria manca*, que caracteriza la biozona 2b de MEIN (1975) correspondiente a la parte superior del Ageniense. En base a estos datos se atribuye una edad Ageniense para la Unidad Galocha-Ontiñena.

En la hoja de Bujaraloz esta unidad es equivalente a parte de las Formaciones: Alcubierre (Mb. Cardiel, Mb. Peñalba y Mb. Bujaraloz), Mequinenza (Mb. Losarcos) y Caspe definidas por QUIRANTES (1969). También se integra dentro de la Unidad de Lutitas y Calizas del Llano de Cardiel, definida por CABRERA (1982).

En esta unidad genético-sedimentaria se han diferenciado tres asociaciones de facies: a/ arcillas y areniscas de ambiente deposicional aluvial que se encuentran en la base de la unidad, b/ las facies evaporíticas que se desarrollan en la parte centro-septentrional de la hoja y c/ los materiales margo-carbonáticos que forman la parte superior de la unidad.

1.1.3.1. *Arcillas rojizas ocasionalmente con nódulos de yeso, paleocanales de arenisca y niveles de caliza (6). (Ageniense)*

Esta unidad aflora en la mitad oriental de la hoja y también en la parte alta de los escarpes que se encuentran al SO de la misma. La litología de esta unidad presenta una ligera variación espacial. En la parte oriental de la zona, existe un dominio de facies arcillosas de coloración rojiza, mientras que hacia la parte sur-occidental, entre las facies pelíticas, se intercalan niveles de areniscas.

El estudio de esta unidad se ha realizado en varias columnas estratigráficas. En la columna de la Val de la Liberola (01) se han medido tres tramos separados por facies carbonáticas, que se describirán en el siguiente apartado: un tramo inferior de unos 7 m, un tramo intermedio de unos 35 m y uno superior de unos 10 m. En la columna de Valdesevilla (02) se han medido unos 50 m, los cuales incluyen un nivel calcáreo que, por razones de afloramiento, no se ha distinguido cartográficamente en este sector. En la serie de Valserenosa 1 (07), este tramo presenta unos 45 m de potencia. Finalmente en la columna del Mas de los Muñecons (03), realizada en el sector sur-occidental, se han medido unos 25 m.

En la parte oriental de la hoja esta unidad está constituida por arcillas rojas, ocasionalmente versicolores, que a menudo, presentan señales de edafización y de bioturbación; entre ellas se intercalan niveles de yeso nodular y micronodular, de espesor variable (entre 10 cm y 2 m). También se intercalan niveles calcáreos, cuyo espesor oscila entre los 10 cm y los 2 m. que se han cartografiado donde lo ha permitido su extensión y sus características de afloramiento. Estos niveles calcáreos corresponden a calizas micríticas, con restos fósiles y materia orgánica; ocasionalmente presentan estructuras tractivas, tales como superficies de reactivación, estratificación de tipo *hummocky* y *ripples* de oscilación. Todo este conjunto de materiales, se organiza en ciclos de facies constituidos, en la base, por arcillas rojizas con nódulos de yeso y, a techo, por carbonatos.

En el sector centro-septentrional de la hoja, concretamente en la parte oriental del Barranco de Valserenosa, las facies descritas en el apartado anterior pasan transicionalmente a margas con niveles de yeso, de aspecto nodular y micronodular. También se intercalan numerosos niveles calcáreos de escasa potencia. En esta zona se puede observar, como el crecimiento diagenético de alguno de los niveles yesíferos deforma los bancos calcáreos.

En la parte sur-occidental de la zona cartografiada, las arcillas tienen tonos rojizos, ocres y grises. Estos sedimentos pelíticos suelen estar bioturbados y pueden contener pequeños nódulos de yeso. Entre estas facies pelíticas se intercalan capas de areniscas con base erosiva y superficies de acreción lateral que delimitan sets con una potencia de 1 a 1,5 m. Además de las superficies de acreción lateral, pueden presentar otras estructuras internas como laminación cruzada en surco y, hacia techo, *ripples*. En raras ocasiones, existen capas de areniscas planoparalelas e internamente, de aspecto masivo.

El estudio petrográfico de los niveles evaporíticos muestra que están formados por yeso secundario alabastrino, de tipo megacristalino o porfiroblástico. Presentan numerosas grietas de disolución rellenas de micrita.

Las areniscas pueden clasificarse como litarenitas con un 20-23% de granos calcáreos y un 18-20% de granos de cuarzo, el cemento es calcáreo y yesífero. El yeso también se presenta como accesorio.

Las calizas tienen textura *wackstone-packstone* con gasterópodos y ostrácodos. Presentan porosidad primaria, laminaciones, estructuras geopetales y porosidad móldica y fenestral, ocasionalmente rellena de yeso.

El contenido paleontológico reconocido en esta unidad, consiste en: *Chara notata* GRAMB y PAUL, *Candona* cf. *procera* STRAUB, *Candona* aff. *chassei* DICK y SWAIN y gasterópodos lacustres.

Las características sedimentológicas de esta asociación de facies en el sector oriental, donde está compuesta por arcillas rojizas con niveles evaporíticos, permiten interpretarla como facies de transición entre abanico aluvial distal y margen de lago salino con periodos de expansión lacustre-palustre que dieron lugar al depósito de niveles carbonáticos. Las características de esta asociación en el sector sur-occidental, son algo diferentes, ya que los niveles arenosos, representan depósitos de barras de meandro y por lo tanto, corresponden a facies aluviales distales; por su parte, las arcillas y las areniscas tabulares, representan las facies de desbordamiento, o de llanura de inundación (Fig. 13).

Por las consideraciones realizadas en el apartado anterior, los niveles cartográficos correspondientes a la Unidad Galocha-Ontiñena, tienen una edad Ageniense.

1.1.3.2. Yesos, margas, arcillas rojizas y capas de calizas (7). (Ageniense)

Esta asociación de facies aflora únicamente en las inmediaciones del sector occidental del Barranco de Valserenosa. Su potencia ha sido evaluada de forma parcial en la columna de

Valserenosa 2 (10), con unos 65 m. Representa un cambio lateral de facies de la unidad anteriormente descrita

Esta asociación de facies está compuesta fundamentalmente por margas con abundantes nódulos de yeso e intercalaciones de niveles de yeso micronodular de coloración verdosa. En la parte inferior-media de la serie, se localiza un nivel fundamentalmente margocarbonatado de unos 10 m de potencia. Los niveles de yeso tienen un espesor que oscila entre los 10 cm y los 4,5 m. A lo largo de toda la serie, se intercalan niveles delgados (5-30 cm) de calizas y margocalizas. En este sector, la asociación culmina con un nivel de yeso de unos 4,5 m de potencia.

Del estudio petrográfico se deduce que el yeso es secundario, de tipo alabastrino, con una textura porfiroblástica y policristalina. Sus bordes están corroídos por yeso alabastrino. Existen grietas de disolución rellenas de carbonato y de arcilla.

Las calizas pueden clasificarse como *mudstone-packstone* con ostrácodos y gasterópodos. Presentan porosidad fenestral y porosidad de tipo *vug*, rellena de yeso, ocasionalmente recristalizado en varias fases.

Según las características descritas, en conjunto, estos depósitos pueden interpretarse como una asociación de facies de margen de lago salino. Los niveles margo-carbonatados representan etapas con una influencia lacustre-palustre (Fig. 13).

A esta unidad cartográfica, se le atribuye una edad correspondiente al Ageniense, puesto que es lateralmente equivalente a la unidad descrita en el apartado anterior.

1.1.3.3. *Capas de calizas y margas grises, ocasionalmente nódulos de yeso (8). (Ageniense)*

La extensión superficial de esta unidad cartográfica, es idéntica a la de la unidad cartográfica 6. En la mitad oriental de la hoja, se halla muy bien desarrollada y parte de su afloramiento constituye la gran superficie estructural ubicada al sur de la localidad de Candasnos. En el resto de la zona, su extensión de afloramiento es más reducida, pero también forma la superficie estructural que se desarrolla en la parte sur-occidental de la hoja, que corona el relieve escarpado que caracteriza a esta zona.

El estudio de esta unidad se ha realizado en varias de las columnas sedimentológicas levantadas. En la serie de la Val de la Liberola (01) se han medido dos tramos: el inferior de 10 m. y el superior de 15 m de potencia. En la sección de Valdesevilla (02), su potencia es de unos 25 m, mientras que en la serie del Mas de los Muñeones (03), la más occidental, se han medido unos 30 m.

En algunos sectores de la hoja, se han cartografiado varios niveles correspondientes a esta unidad, separados cada uno de ellos por una cuña sedimentaria correspondiente a la unidad 6. Sin embargo en otros sectores esta diferenciación no ha sido posible, debido a la escasa extensión de afloramiento.

En la parte sur-occidental de la hoja, esta unidad está compuesta por una alternancia de calizas, margas grises y arcillas rojizas. En este sector, según la sucesión estratigráfica, existe un progresivo aumento de las capas de caliza, a la vez que se observa una disminución de las intercalaciones arcillosas. Las primeras, poseen espesores que oscilan entre los 10 y los 25-30 cm. y frecuentemente, se agrupan en bancos de escala métrica (0,5-2,5 m.). Suelen ser ligeramente limosas y a menudo, contienen restos fósiles, materia orgánica y abundantes perforaciones por raíces, que se desarrollan en el techo de las capas. Ocasionalmente, presentan estructuras de tipo *ripple*, las cuales suelen ser simétricas. Los niveles margosos pueden presentar una potencia de hasta 100-150 cm, mientras que los arcillosos, poseen fuertes señales de edafización.

Tanto en la parte oriental, como en la más occidental del territorio cartografiado, es donde esta unidad está mejor desarrollada. En ambos sectores, la unidad es predominantemente carbonatada y está constituida por una alternancia de margas grises, margocalizas y capas calcáreas. Estos materiales, se organizan en ciclos de somerización. Se trata de ciclos de escala métrica que en la base, están constituidos por margas, en las que se intercalan algunas capas de margocaliza, mientras que hacia el techo, están formados por calizas. Los niveles margosos pueden contener nódulos de yeso de coloración verdosa y de textura microgranular, que ocasionalmente, llegan a tener un diámetro considerable. Algunas veces, en la base de estos niveles margosos, pueden apreciarse algunas intercalaciones de arcillas rojizas. Las capas de caliza que culminan los ciclos, suelen presentar estructuras tractivas: estratificación y laminación ondulada, estratificación de tipo *hummocky*, laminación paralela y *ripples* a techo. La presencia de restos fósiles (caráceas y gasterópodos) es habitual así como también lo son las perforaciones producidas por raíces.

Las calizas pueden clasificarse como *mudstone-wackestone*, con restos de ostrácodos, gasterópodos y caráceas. Presentan porosidad fenestral y están finamente laminadas. Alguna muestra correspondiente a los niveles del sector sur-occidental muestra porosidad fenestral, signos de percolación y bioturbación, indicativos de una intensa actividad edáfica.

El contenido paleontológico reconocido en las muestras consiste en: *Chara notata* GRAMB y PAUL, *Rabdochara* sp. y gasterópodos fragmentados.

Del estudio detallado de las facies, se deduce que esta unidad se depositó en un ambiente lacustre-palustre (Fig. 13). En los límites oriental y occidental de la hoja, donde existe una predominancia de los sedimentos calcáreos sobre los lutíticos, el estudio de las facies indica que estos materiales se sedimentaron bajo una lámina de agua de mayor profundidad que en el resto de la zona, donde predominan los materiales pelíticos edafizados.

No existen datos paleontológicos directos que permitan determinar la edad de esta unidad. Los estudios realizados por AZANZA *et al.* (1988) y CUENCA *et al.* (1989) en las Calizas de Peñalba (QUIRANTES, 1978), situadas estratigráficamente por encima de esta unidad indican una edad correspondiente a la parte superior del Ageniense, por lo que puede suponerse una edad Ageniense para estos niveles.

1.1.4. Unidad Bujaraloz-Sariñena

Esta unidad aflora en toda la mitad centro-occidental de la hoja; también se encuentra al norte del Barranco de Valcuerna entre Candasnos y Peñalba. Puede dividirse en dos tramos, separados por un nivel margo-carbonático conocido como nivel de Valdeladrones: el tramo inferior, predominantemente terrígeno, aflora en el norte del Barranco de Valcuerna, así como también en todo el cuadrante SO de la hoja; y el tramo superior, de composición margo-yesífera, aflora en el cuadrante nor-occidental.

Dentro del área de estudio, la base de la unidad está constituida por una alternancia de arcillas rojas, paleocanales de arenisca y capas de caliza. Esta alternancia culmina con un extenso nivel carbonático conocido como nivel de Valdeladrones. Desde el sector del Barranco de Valcuerna hacia el oeste, este nivel forma una amplia superficie estructural (donde se desarrollan la mayoría de las lagunas de Bujaraloz), mientras que las facies fundamentalmente terrígenas inferiores pasan, progresivamente, a facies yesíferas, ya en el extremo occidental de la hoja (Fig. 11).

Por encima del nivel carbonático de Valdeladrones, se desarrolla un nivel pelítico-rojizo de gran homogeneidad y gran continuidad lateral, ya que se sigue cartográficamente, a lo largo de todo el cuadrante nor-occidental del territorio (Fig. 11).

Finalmente, la parte superior de la unidad, únicamente aflora en el cuadrante nor-occidental de la hoja y está constituida básicamente por facies margo-evaporíticas, entre las que se intercalan capas de caliza (Fig. 11).

La potencia de la Unidad Bujaraloz-Sariñena dentro de la hoja, es de difícil evaluación, ya que aflora en un área de gran extensión y, por lo tanto, de forma discontinua. Por otro lado, el techo de la unidad, no está representado en la zona. No obstante, la parte inferior de la unidad (hasta el techo del nivel de Valdeladrones), se ha medido y representado en la sección de Valdeladrones (11), donde tiene unos 40 m de potencia. En la serie de El Royano (06), se han medido 35 m de serie, correspondientes al nivel de Valdeladrones y a los niveles supra-yacentes. En la columna de Santa Quiteria (12), se han estudiado 35 m de la mitad inferior de la unidad y finalmente, en la serie de la Laguna de Pueyo (13), se han representado 13 m de serie, correspondientes a las facies evaporíticas de la parte inferior de la unidad, en el extremo occidental de la hoja.

El límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria se localiza en el contacto entre los niveles carbonatados que caracterizan la parte superior de la Unidad Galocha-Ontiñena y los depósitos arcillosos que constituyen la base de esta unidad. Como se ha mencionado anteriormente, su techo no aflora dentro del territorio, pero si en cambio, en las vecinas hojas de Peñalba, Castejón de Monegros y Gelsa. Este contacto puede interpretarse como una reactivación de los sistemas deposicionales aluviales, durante el periodo en el cual tuvo lugar la sedimentación de la base de esta unidad.

La Unidad Bujaraloz-Sariñena ha sido caracterizada en las hojas de Sariñena, Lanaja y Peñalba, en las que su base está compuesta por facies fluvio-aluviales, procedentes del Pirineo, que forman parte del Sistema de Huesca, definido por HIRST Y NICHOLS (1986) y, en su techo por facies carbonáticas de origen lacustre-palustre (HERNANDEZ *et al.*, 1991)

OSO

NNE

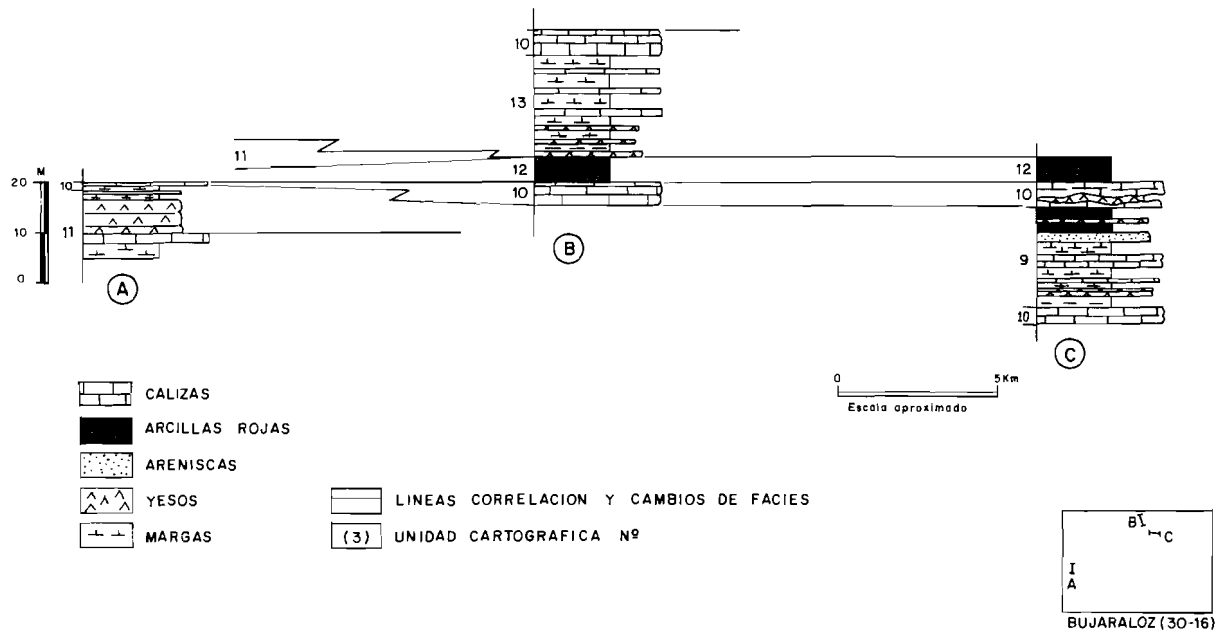


Fig. 11. Unidad Bujaraloz-Sariñena

(ver Fig. 12). Estas facies, hacia las áreas comprendidas en las hojas de Zuera y Almudevar y en las de Castejón de Monegros, Bujaraloz y Gelsa, situadas respecto a las anteriores, hacia el NO y hacia el SO, respectivamente, pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y a facies de lago salino (HERNANDEZ *et al.*, *op. cit*) (Fig. 12). También ha sido caracterizada en los sectores de Fustiñana, Ejea de los Caballeros y Remolinos, donde, a grandes rasgos, en el norte de estas áreas, en la base está formada por facies aluviales, pertenecientes al Sistema de Luna (*sensu* HIRST y NICHOLS, 1986) y, en el techo, por facies de origen lacustre-palustre. De la misma forma, hacia el sur y hacia el este, pasan a facies evaporíticas de margen de lago salino y de lago salino (HERNANDEZ *et al.*, *op. cit*) (ver Fig. 12). Cabe señalar, que en la presente hoja de Bujaraloz, los paleocanales que se intercalan entre los sedimentos arcillosos que configuran la base de esta unidad, probablemente procedan de la Cordillera Ibérica, puesto que, hacia el norte (en la parte meridional de la hoja de Peñalba), los materiales que forman su base, son exclusivamente pelíticos.

Según los estudios paleontológicos, realizados en la vecina hoja de Peñalba por AZANZA *et al.* (1988) y CUENCA *et al.* (1989), la parte inferior de esta unidad es de edad Ageniense mientras que su parte superior corresponde ya al Aragoniense. Estos autores identifican *Ritteneria manca* en las calizas de Valdeladrones situadas en la parte intermedia de esta unidad; dicha especie caracteriza la biozona 2b de MEIN (1975), que representa la parte superior del Ageniense.

Los materiales que configuran esta unidad dentro del territorio estudiado, forman parte de la Fm. Alcubierre (Mb. Bujaraloz y Mb. Peñalba) y de la Fm. Zaragoza, ambas definidas por QUIRANTES (1969) (ver Fig. 2). A la vez corresponden íntegramente a la Unidad de Bujaraloz, definida por CABRERA (1982).

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

1.1.4.1. *Arcillas rojas, paleocanales de arenisca y capas de caliza, ocasionalmente nódulos de yeso (9). Ageniense*

Esta asociación de facies aflora en todo el cuadrante SO de la hoja, aunque es en el sector de Valdeladrones donde se encuentra mejor representada.

La evaluación de la potencia de esta unidad y su estudio sedimentológico se ha realizado en base a las siguientes series estratigráficas: a) serie del Corral de Andrés (05), donde se han medido 50 m, b) serie de Valdeladrones (11), donde tiene unos 35-40 m. y c) serie de la Ermita de Santa Quiteria (12), en la que se han reconocido unos 30 m de depósitos correspondientes a esta unidad.

En el sector de Valdeladrones, esta asociación está constituida principalmente por arcillas rojizas con intercalaciones de areniscas y ocasionalmente, de capas de calizas micríticas. Las areniscas se organizan en bancos de hasta 60 cm. de espesor. Presentan base erosiva, granoselección decreciente, superficies de acreción lateral y sets de láminas con estratificación

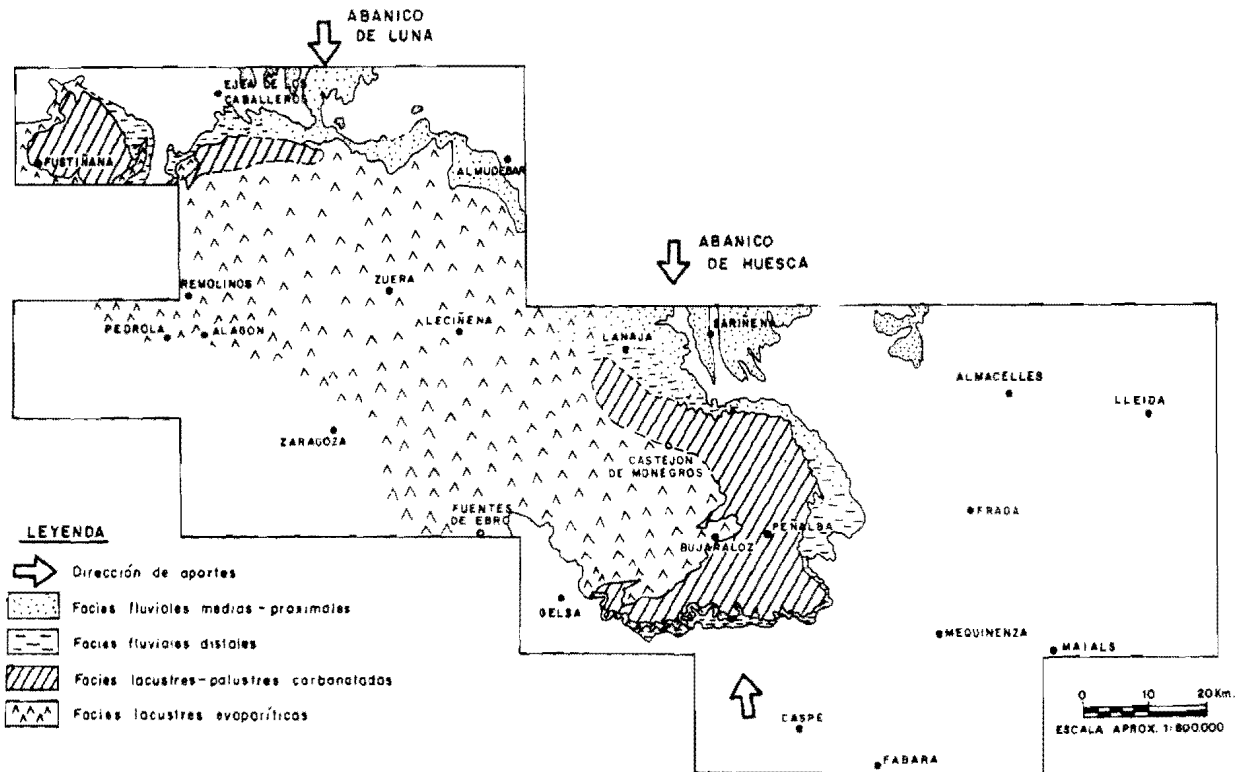


Fig. 12. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Bujaraloz-Sariñena

cruzada planar. Existen otro tipo de capas de arenisca que se caracterizan por ser de grano muy fino, de morfología tabular, de aspecto masivo y con ligera granoselección decreciente hacia arriba. Las arcillas son rojizas y se encuentran afectadas por procesos edáficos. Ocasionalmente, también se distinguen niveles de pelitas grisáceas asociadas, mayoritariamente, a niveles de calizas micríticas. Estas capas de caliza suelen tener un olor fétido, abundantes restos fósiles (mayoritariamente caráceas y gasterópodos) y presentar perforaciones de raíces.

En el resto del territorio esta asociación de facies consiste básicamente en pelitas rojizas, con intercalaciones de calizas micríticas y, con menor frecuencia, de areniscas, de características idénticas a las descritas en el párrafo anterior. Las arcillas tienen una coloración rojiza y ocre y, a menudo, se hallan bioturbadas, en algunas ocasiones, presentan coloraciones grisáceas y pueden contener algunos nódulos de yeso. Estos nódulos, pueden presentar una coloración blanca y una textura alabastrina, o por el contrario, una coloración verdosa y una textura microgranular.

Las intercalaciones de capas calcáreas, son más frecuentes hacia el techo de la unidad, que pasa transicionalmente hacia arriba a la unidad cartográfica suprayacente.

El estudio petrográfico permite distinguir dos tipos de areniscas: el primer tipo corresponde a litarenitas con un 40% de granos calcáreos y un 20% de granos de cuarzo; el cemento es calcáreo (15%) y yesífero y los fragmentos de caliza contienen restos fósiles. El segundo, corresponde a litarcosas, con un 28% de granos de feldespatos potásico, un 20% de granos de cuarzo y un 10% de granos de feldespatos sódico. El yeso se presenta como elemento detrítico y como cemento.

Por otro lado, las calizas pueden clasificarse como calizas micríticas (*mudstone*) y calizas bioclásticas (*wackstone-packstone*) con restos de ostrácodos, de caráceas y gasterópodos. Presentan porosidad fenestral y los fósiles a menudo están recristalizados.

Entre los fósiles reconocidos pueden citarse: *Sphaerochara cf. davidi* FEIST-CASTEL, *Chara notata* GRAMB y PAUL y fragmentos de gasterópodos no identificados.

De acuerdo con las características sedimentológicas descritas, esta asociación de facies puede interpretarse como depósitos de un ambiente de llanura aluvial distal. El primer tipo de areniscas descrito, corresponde a depósitos de barras de meandro (Fig. 13), mientras que el segundo tipo, junto con las pelitas rojizas, corresponde a facies de desbordamiento (Fig. 13). El contenido en nódulos de yeso, indica una cierta transición de estas facies, hacia facies características de un ambiente de margen de lago salino. Por otro lado, las intercalaciones de capas de caliza, reflejan momentos con una clara influencia de un ambiente lacustre-palustre.

Ya que esta unidad cartográfica corresponde a la parte basal de la Unidad Bujaraloz-Sariñena, por las consideraciones realizadas en el apartado anterior, se le asigna una edad Ageniense.

1.1.4.2. Calizas y margas (10). (Ageniense-Aragoniense)

Esta asociación de facies agrupa los distintos niveles calcáreos, que se intercalan entre los materiales detríticos de la unidad 9 descritos en el apartado anterior, incluyendo el nivel de Valdeladrones, que se sitúa estratigráficamente en la parte superior. Los niveles carbonáticos, situados estratigráficamente, por encima del de Valdeladrones, también corresponden a esta unidad.

Estos depósitos afloran entre el sector de Valdeladrones y el límite con la hoja de Gelsa, en el cuadrante SO de la zona cartografiada.

El estudio de sus facies se ha hecho en base a los datos recogidos en las series del Corral de Andrés (05), Valdeladrones (11), Ermita de Santa Quiteria (12) y El Royano (06).

La litología de los materiales que configuran esta unidad es básicamente margocarbonática. Ocasionalmente presenta intercalaciones de arcillas rojizas. En algunos sectores entre las facies margosas e, incluso también entre las facies carbonatadas, se pueden desarrollar niveles nodulares de yeso. Las capas de caliza se agrupan en bancos que pueden alcanzar los 5-6 m. de espesor; como se ha dicho anteriormente, el nivel más importante, en cuanto a potencia y a continuidad lateral, es el de Valdeladrones.

Estas calizas, a menudo, tienen un cierto contenido en limo y, en ocasiones, presentan estructuras tractivas, como laminaciones paralelas y *ripples*. Contienen restos fósiles (ostrácodos, caráceas y gasterópodos), porosidad móldica, señales de bioturbación y perforaciones producidas por raíces. En las cercanías de Peñalba, presentan un importante contenido en nódulos de sílex. Los niveles margosos que se intercalan entre los carbonatos, no alcanzan los 50 cm de espesor y, en ocasiones, contienen niveles nodulares de yeso. Estos nódulos, están constituidos por yeso blanco, de textura alabastrina o bien por yeso verdoso, de textura microgranular. Los niveles de arcillas rojizas son poco abundantes y normalmente, presentan señales de edafización.

Al microscopio, las calizas pueden clasificarse como calizas bioclásticas de textura *packstone* y calizas grumelosas, con restos de caráceas y de ostrácodos, finamente recristalizados. Presentan porosidad fenestral, porosidad de tipo *vug* y porosidad debida a raíces, indicativa de una actividad edáfica.

Por otro lado, los yesos nodulares corresponden a yeso secundario, alabastrino y porfiroblástico. Presentan zonas de disolución rellenas de carbonatos y de arcillas. También se observa que en algunos casos, la morfología primaria del yeso está destruida por la presencia de micrita.

De acuerdo con sus características, estos sedimentos fueron, probablemente, depositados en un ambiente lacustre-palustre (Fig. 13) el cual, en el sector de Peñalba, tenía ciertas condiciones de mayor salinidad, tal y como demuestran los nódulos de yeso y de sílex. Estas condiciones salinas, aumentan de forma progresiva hacia el oeste.

Según las dataciones efectuadas por AZANZA *et al.* (1988) y por CUENCA *et al.* (1989), en la vecina hoja de Peñalba, los niveles que estratigráficamente se encuentran por debajo del

nivel de Valdeladrones, tienen una edad Ageniense, el nivel de Valdeladrones, representa el Ageniense terminal y, los niveles suprayacentes, tienen una edad correspondiente al Aragoniense.

1.1.4.3. *Margas, calcisiltitas y yesos verdes (11). (Ageniense)*

Esta asociación de facies aflora en el límite occidental del territorio, concretamente en los sectores de la Laguna de la Playa, de la Laguna de Pito y del Barranco de Valdefrancín.

El estudio detallado de las facies que la constituyen se ha realizado en base a la serie de la Laguna del Pueyo (13) y también en base a datos puntuales de campo. Debido al poco relieve existente en esta zona y, a las malas condiciones de afloramiento, solamente se han podido medir los 15 m superiores.

Su litología dominante consiste en margas grises, limolitas, calcisiltitas, calizas y yesos nodulares. Cabe señalar que estos materiales se hallan culminados por el nivel calcáreo de Valdeladrones.

Entre las margas y las limolitas se intercalan niveles de calcisiltitas y de calizas, con abundante porosidad móldica, debida a la disolución de cristales de yeso. Las limolitas suelen contener abundantes nódulos de yeso que crecen dentro del sedimento. En algunas ocasiones, se llegan a formar niveles, de escala métrica, formados casi exclusivamente por yeso nodular. Los nódulos, o bien son de coloración blanca y de textura alabastrina, o bien de coloración verdosa y de textura microgranular.

Al microscopio, las calizas presentan texturas *mudstone* y *wackstone*, con porosidad móldica y fenestral, rellena de yeso. Ocasionalmente incluyen restos de ostrácodos y de gasterópodos.

Los rasgos sedimentológicos reconocidos en estas facies permiten interpretarlas como depósitos de ambiente de margen de lago salino (Fig. 13), en el cual, durante etapas con unas condiciones de menor salinidad, tenía lugar la sedimentación de las facies más carbonáticas.

Se atribuye a estos depósitos una edad Ageniense, ya que lateralmente son equivalentes a las facies terrígenas que constituyen la base de la Unidad Bujaraloz-Sariñena.

1.1.4.4. *Arcillas y yesos rojos (12). (Ageniense-Aragoniense)*

Esta asociación de facies tiene una potencia que oscila entre los 5 y los 10 m. Su área de afloramiento se extiende a lo largo de todo el cuadrante nor-occidental de la hoja, recorriendo el nivel calcáreo de Valdeladrones.

Su estudio se ha realizado en las columnas de El Royano (6) y de Sta. Quiteria (12) y, además, se ha reconocido y estudiado en numerosos puntos del área cartografiada.

Básicamente está constituida por arcillas rojas, muy homogéneas, enormemente afectadas por procesos edáficos. Entre estas arcillas se intercalan diversos niveles de yesos rojizos, de escaso espesor (10-30 cm). Su coloración rojiza se debe a procesos de tinción producida por las arcillas rojas, entre las que se intercalan. La textura de estos yesos es muy característica y, de su estudio petrográfico, se deduce que han sufrido procesos edáficos y de disolución, producida por circulación vertical de aguas, las cuales han propiciado el relleno de las grietas y de las microgrietas por arcillas rojas. Estas grietas pueden contener además carbonato cálcico, como resultado de los procesos edáficos sufridos.

Entre estas facies pelíticas también se pueden reconocer, de forma ocasional, algunos niveles de calizas bioturbadas, que contienen restos fósiles. Estas escasas capas de caliza, presentan un espesor máximo de 10 cm y, al microscopio, presentan una textura de tipo *packstone* con restos de ostrácodos y de gasterópodos.

Petrográficamente, el yeso es secundario y porfiroblástico (policristalino). Contiene restos de anhidrita y grietas de disolución rellenas de carbonatos y de arcillas. Parte de los granos de yeso están reemplazados por micrita.

Las características sedimentológicas de estos materiales permiten interpretarlos como depósitos de un ambiente de abanico aluvial muy distal, con una tasa de sedimentación relativamente baja, que propició el desarrollo de amplios procesos edáficos y el crecimiento sinsedimentario de niveles de yeso nodular.

Según las dataciones realizadas por AZANZA *et al.* (1988) y CUENCA *et al.* (1989) dentro de la hoja de Peñalba, esta unidad pertenecería al tránsito Ageniense-Aragoniense. Estos autores identifican en un nivel estratigráfico ligeramente inferior, el nivel calcáreo de Valdeladrones, la especie *Ritteneria manca*. Esta especie caracteriza la biozona 2b de MEIN, (1975), que representa la parte superior del Ageniense, por lo cual, se atribuye una edad Ageniense-Aragoniense a esta unidad.

1 1.4.5. *Margas grises, yesos nodulares y calizas (13). (Aragoniense)*

Esta asociación de facies aflora extensamente en el cuadrante NO de la zona comprendida en la hoja. El área de afloramiento, consiste en una zona muy llana, que se presenta muy recubierta por suelos.

Debido a estas características, el reconocimiento de los materiales que la constituyen, solamente se ha podido realizar en base a los datos representados en la columna de El Royano (06), donde se han medido sus 25 m basales y también, en base a numerosos datos puntuales.

Esta asociación consiste en una alternancia de lutitas, calizas y yesos. Las calizas son fétidas, contienen bioclastos y presentan perforaciones producidas por raíces en el techo de las capas. En ocasiones son limosas y presentan estructuras tractivas, como laminaciones paralelas y *ripples*. Los yesos son nodulares, pero llegan a formar estratos, ofreciendo un aspecto

to tabular. Su textura es alabastrina y su aspecto es micronodular, de tipo *chicken-wire*. Las margas son grisáceas, y a menudo intercalan arcillas pardo-rojizas marmorizadas.

Algunos de los niveles carbonáticos, que se intercalan en esta unidad se han diferenciado en la cartografía, como capas individuales (pertenecientes a la unidad cartográfica 10). Debido a su escasa potencia se han trazado como líneas de capa en algunos sectores.

Estos materiales, se organizan en ciclos de facies constituidos en la base por margas grisáceas en las que, ocasionalmente, se intercalan niveles arcillosos edafizados. Los niveles tabulares de yeso nodular, están también intercalados en este tramo. Estos ciclos culminan con las capas de calizas ya descritas.

Las calizas, al microscopio, presentan texturas *mudstone* y *wackstone-packstone*, e incluyen restos de ostrácodos, caráceas y gasterópodos. Tienen porosidad primaria y porosidad fenestral.

El contenido paleontológico, consiste en microfósiles resedimentados del Eoceno (globigerínidos) y del Oligoceno inferior (caráceas).

El ambiente sedimentario donde se habría depositado esta unidad, correspondería a un margen de lago salino (Fig. 13) o *playa-lake*. Sin embargo la presencia de capas de caliza, indicaría la existencia de etapas con ambiente más lacustre. Por lo tanto, la ciclicidad observada respondería a evoluciones periódicas de las condiciones climáticas y, por consiguiente, de las condiciones de sedimentación.

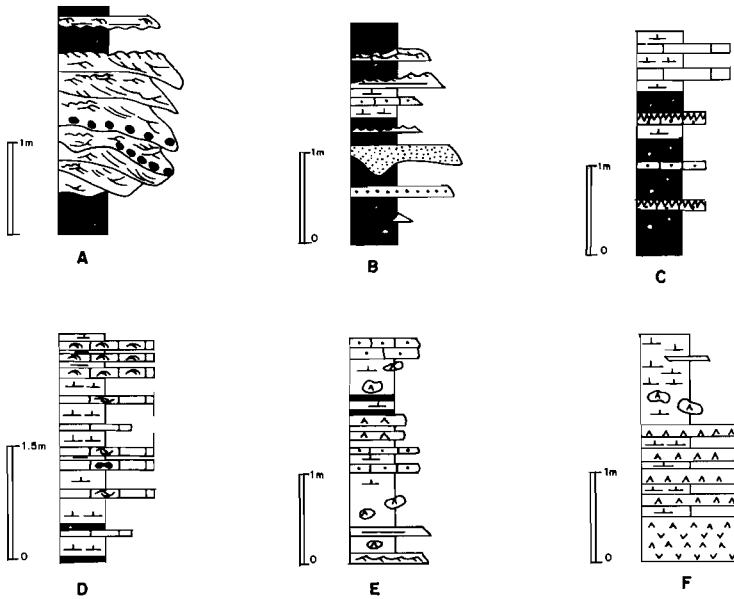
Por su posición estratigráfica y sus relaciones con las demás unidades cartográficas se le atribuye una edad Aragoniense

1.1.4.6. Yesos nodulares, tabulares y margas (14). (Aragoniense)

Esta unidad aflora en el extremo noroeste de la hoja. Su área de afloramiento consiste en una extensa llanura, que se encuentra muy afectada por procesos antrópicos que consisten en una uniformización entre las áreas donde aflora el substrato terciario y las áreas que poseen un recubrimiento de materiales cuaternarios. Debido a estas malas condiciones de afloramiento, el estudio de estas facies se ha realizado en base a datos puntuales de campo.

La potencia que tiene esta asociación de facies en la hoja es del orden de unos 25-35 m..

Básicamente está constituida por yesos nodulares y tabulares, de color blanco, margas grises y delgados niveles de calcisilitas. Los yesos nodulares pueden organizarse en bancos de aspecto tabular y tienen textura alabastrina. Por el contrario, los niveles de yeso tabular, suelen ser micronodulares y presentan la misma textura. Las intercalaciones de calcisilitas son poco frecuentes y su espesor, no suele sobrepasar los 10 cm. Estas capas contienen pocos restos fósiles, están ligeramente bioturbadas y presentan porosidad móldica.



- 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
E - SECUENCIAS DE FACIES DE MARGEN DE LAGO SALINO
F - SECUENCIAS DE FACIES DE LAGO SALINO

LEYENDA




















	} ARENISCAS		YESOS ESTRATIFORMES		RIPPLES DE OSCILACION
			YESOS NODULARES		LAMINACION PARALELA
	CALIZAS		ESTRATIFICACION CRUZADA EN SURCO		ESTRATIFICACION WAVY
	CALCISILTITAS		ESTRATIFICACION CRUZADA PLANAR		ESTRATIFICACION LINSEN
	LUTITAS		RIPPLES DE CORRIENTE		MARCAS DE RAICES
	MARGAS		RIPPLES ASCENDENTES		CANTOS BLANDOS
			ESTRATIFICACION CRUZADA HUMMOCKY		

Fig. 13. Secuencias de facies representativas de los ambientes deposicionales que se desarrollan en la hoja de Bujaraloz (30-16)

En base a las características sedimentológicas observadas, puede deducirse que estos sedimentos se depositaron en un ambiente de lago salino y de margen de lago salino (Fig. 13).

Se atribuye una edad Aragoniense a estos depósitos, por su posición estratigráfica en la parte superior de la Unidad genético-sedimentaria de Bujaraloz-Sariñena.

1.2. CUATERNARIO

Dada la ausencia de dataciones suficientes en los depósitos recientes de la Cuenca del Ebro, la atribución cronológica es aproximativa. A pesar de la suposición, por parte de algunos autores, de la existencia de depósitos de edad pliocena o pliocuaternaria en la Depresión del Ebro, y al no existir datos cronológicos precisos al respecto, se ha decidido atribuir a los depósitos más antiguos una edad Pleistoceno inferior, siguiendo los criterios utilizados por PEÑA y SANCHO (1988).

1.2.1. **Gravas redondeadas y costras calcáreas. Limos. (15). Depósito del piedemonte pirenaico. Pleistoceno inferior**

Esta unidad corresponde a unos reducidos afloramientos en el ángulo nor-oriental de la hoja, en las proximidades de Candanos (cerro de San Bartolomé).

Para completar su descripción se utilizarán datos de la vecina hoja de Peñalba donde la unidad se encuentra más ampliamente representada.

Presenta morfología de glacis y tiene una potencia de 6 a 8 m, compuesto litológicamente por cantos de redondeados a subredondeados, fundamentalmente calcáreos, procedentes del Terciario y otros de procedencia de las Sierras Exteriores Pirenaicas -calizas de alveolinas, cuarcitas, areniscas triásicas, etc.- Los cantos aparecen organizados en niveles o hiladas con intercalaciones arenosas. El tamaño máximo observado es de 25-30 cm y la moda 3-5 cm.

Pueden reconocerse estructuras correspondientes a barras y canales, con aportes de procedencia septentrional.

A techo pueden aparecer niveles de costras carbonatadas, y en su base la parte superior del Terciario aparece edafizada.

Se le atribuye una edad Pleistoceno inferior.

1.2.2. **Cantos angulosos en matriz limo-arcillosa. (16, 18 y 19). Glacis y glacis degradados. Pleistoceno**

En la mitad oriental de la hoja se han reconocido una serie de depósitos con morfología de glacis aunque de escasa extensión superficial.

El nivel más antiguo (16) se localiza en las proximidades de Candanos y alcanza un desarrollo importante en la hoja de Peñalba situada al norte. Al sur de esta zona, en el Arroyo de Valcuerna se han cartografiado dos pequeñas morfologías de glacis más modernos. En las zonas próximas al Valle del Ebro en la parte oriental de la hoja, así como en el Val de Aloras, al sur aparecen zonas con morfologías de glacis degradados (19).

El depósito está formado por cantos predominantemente de calizas terciarias, angulosos a subangulosos, escasamente organizados en una matriz limo-arcillosa.

Su potencia es variable no superando los 4-5 m y se atribuyen cronológicamente al Pleistoceno.

1.2.3. **Gravas, arenas y arcillas. (17). Terrazas. Pleistoceno**

En el borde oriental de la hoja se reconocen, en las proximidades del río Ebro una serie de pequeños replanos correspondientes a terrazas. Asimismo, en el Arroyo de Valcuerna ha quedado preservado un pequeño afloramiento también atribuible a una terraza.

En la vecina hoja de Caspe, situada al sur, este tipo de morfologías con depósito se encuentra mejor desarrollada; por correlación con esta zona atribuimos el nivel de Bujaraloz al correspondiente a +40 m en Caspe.

Está constituido por gravas bien redondeadas con matriz limo-arcillosa y organización interna en canales y barras con intercalaciones arenosas.

Se supone una edad Pleistoceno para esta unidad.

1.2.4. **Cantos y gravas en matriz limo-arcillosa. (20). Conos de deyección. (21). Depósitos aluvial-coluvial. (23). Coluviones. Holoceno**

Se han agrupado en este apartado una serie de depósitos de características litológicas similares aunque diferenciables en función de su morfología.

Están compuestos por limos y arcillas que engloban gravas y cantos dispersos con escasa organización interna y cuya potencia es poco importante, generalmente en torno a los 2-3 m.

Su edad es Holoceno.

1.2.5. **Arcillas y limos con sales. (22). Fondos endorreicos. Holoceno**

Se localizan en la zona occidental de la hoja asociadas a depresiones de origen kárstico.

Se trata de sedimentos finos, arcillas y limos que, en ocasiones, corresponden a áreas encharcadas estacionalmente en la actualidad. En los casos en que las depresiones se ubican sobre niveles con composición yesífera es frecuente la presencia de orlas salinas asociadas.

Aunque su extensión superficial puede ser considerable, incluso superior al kilómetro, la potencia estimada de depósito no debe ser muy elevada, pudiendo estimarse en un máximo de 3-4 m.

Su edad es holocena.

1.2.6. **Gravas, arenas, limos y arcillas. (26). Aluviales y fondos de vale. Holoceno**

En esta unidad cartográfica se han englobado tanto los sedimentos de cauces activos o intermitentes de naturaleza aluvial, como los mixtos fluvial-ladera correspondientes al relleno de las "vales" o valles de fondo plano, absolutamente predominantes en el ámbito de la hoja.

Se trata de arenas, limos y arcillas que engloban cantos y gravas; su potencia no suele rebasar los 2-3 m y se les asigna una edad holocena.

2. TECTONICA

2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La hoja de Bujaraloz (30-16) 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 la Cordillera Costero Catalana, y en subsuelo su extensión es mayor, ya que está recubierta parcialmente por el Pirineo y su prolongación occidental, la Cordillera Cantábrica y por parte de la Cordillera Ibérica. De estos orógenos son los Pirineos los que han ejercido una mayor influencia en la génesis y evolución de la cuenca de antepaís.

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

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

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

La Hoja de Bujaraloz está ubicada en la parte central de la Cuenca del Ebro, ocupando una posición intermedia entre el orógeno pirenaico, al norte, y la zona de enlace entre las cordilleras Ibérica y Costero-Catalana, y aunque está constituida por depósitos sinorogénicos en el sentido de ser coetáneos con la deformación de las cadenas adyacentes, presenta una estructura geológica muy sencilla, ya que la deformación apenas se ha transmitido hasta este sector de la cuenca.

2.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

En la hoja de Bujaraloz la disposición estructural de las capas es, por lo general, subhorizontal, con buzamientos que no exceden de los 2° (normalmente buzamientos de $0,5-1,5^\circ$ hacia el ONO). En la vecina hoja de Peñalba existen dos importantes estructuras de plegamiento que atraviesan la hoja por su parte central con dirección NO-SE, y que se han denominado Sinclinal de Sigena y Anticlinal de Sisallar respectivamente. Ambas estructuras se atenúan en dirección SE por lo que el anticlinal, que se hallaría al este de Candanos, ya no se distingue en la presente hoja y el sinclinal tan sólo se intuye cerca del vértice NE de la hoja.

Del análisis de dos líneas sísmicas realizadas para este proyecto en la vecina hoja de Castejón de Monegros puede deducirse que estos pliegues, laxos en superficie, aumentan la inclinación de sus flancos en profundidad agudizándose la estructura, por lo que se interpretan como el resultado de una fase compresiva, producida durante el Mioceno inferior.

En la parte central y occidental de la hoja existe un haz de lineamientos de dirección $120^\circ-130^\circ$ visibles en la fotografía aérea que pueden interpretarse como líneas de fractura. Estos lineamientos vienen marcados por la orientación de tramos rectilíneos de la red de drenaje y por el alargamiento en dirección NO-SE que presentan las depresiones que albergan las Lagunas de Bujaraloz. En un solo punto de la hoja ha podido relacionarse uno de tales lineamientos con un pliegue flexural recto. Se trata de un afloramiento situado en el cuadrante SO de la hoja, junto al arroyo de Valdeforcas, donde se observa una sección transversal del pliegue mostrando flancos con buzamientos de 15° a 20° y un eje de dirección N115°.

En los niveles competentes, básicamente en las calizas, se desarrolla un diaclasado bastante intenso, con planos subverticales y de escala decimétrico-métrica, y con dos orientaciones preferentes perpendiculares. La familia principal es, a grandes rasgos, N-S, mientras que la otra es aproximadamente E-O. Este sistema de diaclasas se interpreta como resultado de la superposición de una compresión N-S a un campo de esfuerzos distensivo multidireccional. En algunos afloramientos aparece otra familia de fracturas añadida a las anteriores y con una dirección anómala, ESE a SE. Esta dirección podría interpretarse como producto de la desviación de las trayectorias de los esfuerzos por el efecto de fallas mayores preexistentes en el sustrato.

2.3. EVOLUCION TECTONICA

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

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

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

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

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 (SIMON, 1989). Este régimen tectónico originó en la parte oriental fosas distensivas frecuentemente controladas por fallas preexistentes que se superponen a las estructuras de plegamiento de los Catalánides (fosas del Vallés-Penedés, Camp de Tarragona, ...). La influencia de esta tectónica extensional excede con frecuencia el dominio de las fosas, y se manifiesta en los depósitos terciarios del borde oriental de la cuenca mediante enjambres de fallas normales.

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

2.4. NEOTECTONICA

Las deformaciones observadas en los depósitos de edad cuaternaria son muy escasas. Las únicas estructuras observadas en la hoja son algunas fracturas que afectan a unas gravas de relleno de valle en el límite norte de la hoja y en las afueras de Peñalba. Estas fracturas son subverticales y se encuentran rellenas, en parte, por carbonato. Sus direcciones son SSE y ESE, resultando coherentes con el campo de esfuerzos reciente inferido de la fracturación que afecta al Mioceno.

Hacia el Mioceno superior-Plioceno se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque no tiene una manifestación evidente en estructuras cartográficas, sí originó un sistema de diaclasado bastante homogéneo y poblaciones de fallas normales a escala de afloramiento. El campo de esfuerzos puede definirse, en primera aproximación como una distensión tendente a radial con σ_3 próximo a E-O, que produciría el desarrollo de una familia principal de diaclasas en torno a N-S. No obstante, en dicho campo de esfuerzos, se producirían, además, varios tipos de anomalías:

- 1) El intercambio de σ_1 y σ_2 en el plano vertical N-S, indicado por la presencia de diaclasas que representan planos de cizalla de tipo direccional formados bajo una compresión tectónica horizontal.
- 2) El intercambio de σ_1 y σ_3 en la horizontal tras producirse las primeras fracturas tensionales N-S, que daría lugar a una familia secundaria en dirección E-O.
- 3) La desviación de las trayectorias de σ_2 y σ_3 por efecto de fallas mayores preexistentes de dirección NO-SE.

Durante el Cuaternario siguen produciéndose, en puntos localizados, fracturas SSE y ESE que resultan, por tanto, coherentes con el campo de esfuerzos reciente inferido de la fracturación que afecta al Mioceno.

3. GEOMORFOLOGIA

3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La hoja de Bujaraloz se sitúa en la parte central de la unidad fisiográfica de la Depresión Terciaria del Ebro.

El clima corresponde al tipo mediterráneo continental de carácter semiárido, con temperaturas medias anuales de 15°C y precipitaciones comprendidas entre 300 y 400 mm, lo cual origina la marcada semiaridez del área.

Desde el punto de vista orográfico el territorio de la hoja de Bujaraloz se caracteriza por la existencia de extensas zonas planas elevadas, correspondientes a niveles estructurales que ocupan prácticamente toda la parte noroccidental del área. A partir de ellas se produce un fuerte encajamiento de la red fluvial que genera profundos valles con laderas escarpadas.

Las cotas más elevadas se ubican aproximadamente en el borde meridional de los rellanos estructurales (Sable 390 m, Matadiblos 387 m, Suetas 380 m).

El principal curso fluvial de la hoja es el río Ebro que se ubica en el ángulo suroriental, estando represado por el embalse de Mequinenza.

El resto de los cauces son de escasa entidad y circulación intermitente, excepto el Arroyo de Valcuerna que, con dirección NO-SE atraviesa el cuadrante nororiental para desembocar en el Ebro.

Debe también señalarse la presencia de una serie de zonas endorreicas, de encharcamiento estacional, que pueden alcanzar un tamaño considerable (Laguna de La Playa, Laguna de Pito), localizadas en la zona occidental de la hoja.

La región posee una economía agrícola, fundamentada en cultivos de secano, al tiempo que presenta una zona forestada importante en el área suroriental que, además, tiene aprovechamiento cinegético para caza mayor.

3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

En el modelado de una región, el primer factor a considerar es la composición litológica y estructura geológica del substrato, en cuanto que constituye el soporte que condiciona la distribución de los principales relieves.

Por otra parte, su interacción con los procesos de la dinámica fluvial, causa principal del vaciado erosivo y acarreo de los materiales denudados, constituye la justificación de la evolución morfogenética del área en los tiempos recientes, dentro del contexto de un sistema morfoclimático de carácter semiárido.

3.2.1. Estudio morfoestructural

En la hoja de Bujaraloz existen dos dominios geológicos claramente definidos. Por una parte, la zona suroriental con predominio de litologías blandas con esporádicas intercalaciones más resistentes y, por otra, la mitad noroccidental caracterizada por la existencia de niveles extensos de materiales duros (calizos y yesíferos) con intercalaciones menos resistentes.

Ello provoca en esta última zona que, a favor de la disposición estructural se generen amplias superficies que presentan un suave buzamiento con dirección NO. Los frentes de estas superficies conforman escarpes estructurales que, en las zonas más meridionales pueden limitar desniveles superiores a los 100 m.

También se reconocen, localmente, pequeños escarpes en las laderas provocados por la presencia de líneas de capa dura intercaladas en la serie.

3.2.2. Estudio del modelado

3.2.2.1. Laderas

Las laderas y vertientes constituyen elementos fundamentales en la composición del paisaje ya que es a través de ellas por donde se produce el aporte de agua y sedimentos a la red de drenaje.

En la zona existe un proceso generalizado de regularización de vertientes que, excepto en las áreas al pie de los escarpes estructurales provoca la presencia de un tapiz detrítico de poco espesor ubicado en las laderas. Cuando este recubrimiento alcanza un espesor mayor ha sido cartografiado como coluviones.

La zona donde este tipo de morfologías alcanza un mayor desarrollo es en las laderas del Arroyo de Valcuerna en la parte nororiental de la hoja.

3.2.2.2. Formas fluviales

Son muy escasas en la hoja de Bujaraloz las morfologías relacionadas con génesis fluvial y que presentan depósitos asociados. En la zona suroriental en las proximidades del río Ebro y en el Arroyo de Valcuerna se han cartografiado unas pequeñas morfologías planas con depósito de gravas correspondientes a un nivel de terraza.

Se sitúan a unos 40 m de altura sobre el teórico cauce actual y se encuentran más ampliamente representadas en la vecina hoja de Caspe.

También se ha cartografiado alguna morfología con depósito correspondiente a conos de deyección.

En la zona meridional y oriental son los procesos fluviales de erosión activa los que adquieren una mayor preponderancia. La arroyada es el factor básico causante de una intensa

denudación originando la presencia abundante de barrancos de incisión lineal, zonas acar-cavadas -sobre todo en las cabeceras de la red- y crestas correspondientes a aristas de inter-fluvio.

3.2.2.3. *Formas lacustres*

En la hoja de Bujaraloz son frecuentes las formas lacustres correspondientes a pequeñas o grandes zonas endorreicas o semiendorreicas localizadas en zonas de drenaje poco definido o con influencia kárstica y sometidas a encharcamientos estacionales.

Son frecuentes en la parte occidental de la hoja, destacando por su extensión las corres-pondientes a La Playa y El Pito.

En su distribución existe un componente estructural que condiciona elongaciones y distribu-ción generalizada con direcciones NO-SE, sin duda ligadas a diaclasas o pequeñas fracturas de esa dirección.

3.2.2.4. *Formas kársticas*

Se han cartografiado como dolinas de fondo plano, una serie de depresiones localizadas, como en el caso anterior, en la parte occidental de la hoja y en muchos casos relacionadas con los fondos endorreicos descritos.

Su distribución espacial también permite establecer la existencia de un control estructural que provoca alineamientos de dirección similar a la citada anteriormente.

3.2.2.5. *Formas poligénicas*

Quedan incluidas en este apartado aquellas formas y depósitos en cuya génesis interviene más de un proceso formador.

En el ángulo NE de la hoja aparecen unos pequeños retazos de depósitos que se desarrollan más ampliamente en la vecina hoja de Peñalba.

Su interpretación ha sido discutida por diversos autores; son los "depósitos pliocuaternarios" (ALBERTO *et al*, 1984) o "acumulaciones pliocuaternarias" (PEÑA, 1983). Estos depósitos presentan características fluviales de tipo braided (PEÑA y SANCHO, 1988) con desarrollo de costras carbonatadas a techo, y en algunos casos se pueden relacionar con niveles de terraza de los valles más importantes.

Por su contexto regional (desligados de los cauces fluviales principales); la ausencia de lade-ras de valles que confinen la red fluvial; su extensión transversal (en comparación con los depósitos de terraza) y por último el no formar terrazas morfológicas (en el sentido estricto del término y no en su sentido de depósito superficial de origen aluvial) se ha considerado

conveniente no incluir estos depósitos dentro de las formas fluviales, pues su génesis implica un proceso más complejo, en el que se labraría una superficie más o menos plana, a modo de piedemonte recubierta por un manto aluvial extenso en forma de "bajada".

También se han cartografiado una serie de áreas con depósito y morfología de glacis. Son de extensión reducida y quedan restringidas a la zona oriental de la hoja.

Quizá los depósitos poligénicos más importantes, por su abundancia en el ámbito de la hoja, correspondan a las "vales" o valles de fondo plano, que se caracterizan por modelar una forma de valle en artesa y, generalmente, no presentan una concavidad de enlace evidente con las vertientes laterales.

En la génesis de los depósitos de naturaleza limo-arcillosa que constituyen su relleno intervinen tanto los aportes laterales de índole coluvial, como los longitudinales de origen fluvial. Es frecuente que, dada su naturaleza litológica, sean áreas aprovechadas para cultivos, por lo que frecuentemente presentan aterrazamientos antrópicos que tienen una indudable influencia en su preservación, al controlar la dinámica erosiva de los procesos de incisión.

3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

Las características litológicas y sedimentológicas de los depósitos superficiales han sido ya descritas en el capítulo de Estratigrafía del Cuaternario. Las morfologías deposicionales han sido, a su vez, tratadas en los apartados anteriores, por lo que en este capítulo se señalará únicamente la existencia, sobre las superficies estructurales, de un tapiz de depósitos, generalmente poco potente, procedente de la alteración del substrato y, a su vez, de la antropización por cultivo de dichas superficies. Estos materiales tienden a acumularse a favor de la pendiente estructural por lo que presentan potencias ligeramente superiores, de orden decimétrico, en las zonas más bajas.

3.4. EVOLUCION DINAMICA

En la hoja de Bujaraloz, la inexistencia de sedimentos atribuibles a la parte alta del Terciario, hace difícil el establecimiento de la geomorfología precuaternaria.

Una vez terminadas las fases de depósito miocenas, de carácter endorreico, el establecimiento de la red fluvial del Ebro como sistema de transporte y erosión exorreico hacia el Mediterráneo, constituye el punto de partida de la evolución geomorfológica reciente de la región.

Este cambio provocó el inicio del vaciado erosivo en toda la Depresión del Ebro, cuya resultante es la creación de relieves estructurales por modelado diferencial de las distintas litologías que constituyen el substrato en esta zona.

El desarrollo de los procesos erosivos diferenciales paulatinamente va elaborando las distintas morfologías estructurales en plataformas y cuestas. Hay que considerar los fenómenos de arroyada como agentes principales de este modelado.

Los depósitos del Piedemonte pirenaico son reflejo del desarrollo de una pedimentación generalizada de la región en tiempos del Pleistoceno inferior.

Posterior a este episodio, la evolución de la red fluvial regional va modelando el relieve, en sucesivas etapas de encajamiento, con el depósito de distintos niveles de terraza bien representados en hojas próximas. Simultáneamente a la sedimentación de la misma, se van generando sucesivos sistemas de glaciés de acumulación cuyas zonas de raíces se establecen en los relieves residuales dominantes. La génesis de estos depósitos debe ser enmarcada en la alternancia de etapas climáticas cálidas y frías ocurridas a lo largo de los tiempos cuaternarios.

Las últimas etapas acumulativas vienen representadas por los rellenos de "vales", aluviales, derrames recientes y los depósitos de regularización de laderas y coluviones. Todos ellos son coetáneos, y su desarrollo corresponde al Cuaternario reciente.

Debe también reseñarse que en el ámbito de la hoja, en su zona oriental, existen claras evidencias de un control estructural en algunos cursos de segundo orden, lo que parece indicar la existencia de una cierta actividad neotectónica en el sector.

En la actualidad, todas estas acumulaciones recientes, aparecen más o menos disectadas por procesos de arroyada como consecuencia de un cambio climático hacia la aridez, de menor entidad que los que se interpretan para los sistemas glaciés-terrazas.

3.5. MORFOLOGIA ACTUAL Y SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

En la actualidad, las condiciones climáticas semiáridas imperantes en el área hacen de la arroyada, tanto difusa como concentrada, y de la incisión lineal los procesos morfogenéticos más importantes, particularmente en los sectores con relieves más acentuados en la hoja.

Por otra parte, la presencia de la presa de Mequinenza que afecta a todo el curso fluvial del río Ebro en el ámbito de esta hoja, tiene una indudable influencia en la dinámica de los cauces del entorno.

Cara al futuro, debe considerarse la acción antrópica como el factor principal de cambios potenciales en las condiciones morfodinámicas actuales, tanto en el sentido de reforestaciones como de instalación de cultivos.

4. HISTORIA GEOLOGICA

La hoja de Bujaraloz 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 Ilerdiense,

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 (ANADON *et al.*, 1986) en la Cordillera Costero Catalana. La tectónica sinsedimentaria, desarrollada en la cuenca durante el Oligoceno y el Mioceno, también queda reflejada por la progresiva migración, a través del tiempo, que efectúan los depocentros lacustres hacia el oeste.

Los sedimentos más antiguos aflorantes en la hoja de Bujaraloz pertenecen al Oligoceno superior (Chattiense) mientras que los más modernos pertenecen al Mioceno (Aragoniense inferior). Estos sedimentos forman parte de las cuatro unidades genético-sedimentarias que se han mencionado en el capítulo de Estratigrafía: U. Mequinenza-Ballobar, U. Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, U. Galocha-Ontiñena y U. Bujaraloz-Sariñena. Cada una de estas unidades está constituida, de forma general, por sedimentos aluviales distales en la base, y por sedimentos lacustre-palustres en el techo. Esta ordenación refleja la existencia de una reactivación de los sistemas aluviales hacia el centro de la cuenca en la base de cada una de las unidades diferenciadas. La zona cartografiada, presenta dos áreas de aporte, una procedente de la Cordillera Ibérica y otra del Pirineo.

Dentro de la hoja, el registro sedimentario más antiguo, corresponde a los materiales de abanico aluvial distal y lacustre-palustres que configuran el techo de la unidad Mequinenza-Ballobar (Chattiense). Representan una etapa en que, en esta parte de la cuenca, tenía lugar la sedimentación de materiales fluvio-aluviales, de ríos meandriformes (procedentes de la Cordillera Ibérica) y en donde se desarrollaban llanuras de inundación de gran extensión areal. La presencia de niveles carbonáticos de gran extensión, refleja momentos de expansión lacustre-palustre, durante los cuales tenía lugar la inundación de todo el área.

Con la sedimentación de la base de la unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, formada por paleocanales de ríos meandriformes y por facies de llanura de inundación, queda reflejado un periodo de reactivación de los sistemas aluviales, procedentes de la Cordillera Ibérica, durante el Chattiense superior. Por el contrario la sedimentación margo-carbonática de su parte superior, refleja un importante periodo de expansión lacustre (Chattiense-Ageniense).

Los materiales aluviales, que en los sectores meridionales y orientales de la hoja, constituyen la base de la Unidad Galocha-Ontiñena, representan otra etapa de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales; tanto los de procedencia pirenaica, como los de procedencia ibérica. Dentro de la hoja se puede constatar que estos depósitos, hacia el sector central evo-

lucionan a facies margo-evaporíticas, de margen de lago salino. La existencia de otra etapa de expansión lacustre, condiciona la sedimentación de los materiales margo-carbonáticos, que forman la parte superior de esta unidad.

La última reactivación aluvial que se desarrolló en la zona, tuvo lugar durante el Ageniense terminal, con la sedimentación de los materiales fluvio-aluviales, que constituyen la base de la Unidad Bujaraloz-Sariñena, en el sector meridional y oriental de la hoja. Igualmente que en la Unidad Galocha-Ontiñena, estos materiales, hacia el oeste pasan a facies de margen de lago salino y de lago salino y, hacia techo, pasan a facies lacustre-palustres (en el sector meridional y oriental) y a facies de lago salino (en el sector occidental), que representan la última etapa de dominio lacustre, que tuvo lugar en el área cartografiada, durante el Aragoniense inferior.

Desde este momento y hasta el Cuaternario, no existe registro sedimentario en la hoja de Bujaraloz. Por consideraciones regionales, puede indicarse que la sedimentación se prolongó a lo largo del Mioceno con el depósito de unidades de características similares, localizándose sus depocentros sedimentarios hacia el oeste y el noroeste de la zona estudiada.

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

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

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

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

5. GEOLOGIA ECONOMICA

5.1. RECURSOS MINERALES

5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos

En la hoja de Bujaraloz tan sólo se registra la existencia de cinco indicios y todos sobre yeso o anhidrita. De los cinco el 1 y el 4 corresponden a pequeñas explotaciones, una inactiva, de los yesos miocenos para la fabricación de aglomerante. Los niveles explotados presentan

buena continuidad lateral, pero en vertical acusan el problema del recubrimiento y necesidad de desmonte de los niveles suprayacentes.

Los indicios de anhidrita, todos detectados por sondeos profundos, son recursos con un horizonte de conveniencia económica muy lejano. Sin embargo el actual interés en formaciones evaporíticas profundas como niveles de almacenamiento de residuos peligrosos, realza su potencial, particularmente del indicio nº 2 en el tramo comprendido entre los 1450 m y los 1585 m de profundidad.

5.1.2. **Minerales energéticos**

El sondeo que determina el indicio 2 cortó los niveles lignitíferos de la cuenca de Mequinenza por lo que, a falta de otros datos, se podría suponer que éstos se extienden por gran parte de la hoja a profundidades de 300-500 m (-140, a -350 msn del m). El interés económico de ello está por determinar.

5.1.3. **Rocas industriales**

Se ha señalado un indicio de arcilla en el proyecto "Posibilidades de arcillas especiales en Aragón, 1ª fase". Con la descripción, potencia (0,5 m) y análisis aportados, este indicio es de muy escaso interés; lo que no invalida la zona cuyos niveles detríticos finos son numerosos y dentro de un entorno sedimentario con posibilidades en el campo de las arcillas de alto poder absorbente o intercambiadoras.

Las calizas como las del indicio nº 5 son muy abundantes, pero sólo han sido explotadas en pequeñas labores para mampostería o áridos de machaqueo de mercado local.

5.2. **HIDROGEOLOGIA**

No existe en la hoja ningún sistema acuífero definido a escala regional (figura nº 14: esquema hidrogeológico regional).

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

Las formaciones terciarias son de permeabilidad baja o muy baja en general con la excepción de las unidades geológicas 10 y 11, de carácter carbonatado y yesífero respectivamente, que parecen presentar cierta permeabilidad originada por la red de diaclasas o fracturación existente en ellas. Sobre estas unidades se han formado numerosas zonas endorreicas asociadas al comportamiento hidrogeológico de las mismas. Asimismo, las unidades 2, 5 y 6 presentan niveles, carbonatados en las dos primeras y detríticos en la última, que por su carácter litológico pueden albergar algún recurso de agua aunque muy limitado.

MINERALES METALICOS Y NO METALICOS						
Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
1 (221)	X: 748.750 Y: 4594.650 Z: 280 m	Yeso	Peñalba (H)	Lagunar evaporítico; subhorizontal	Yeso	Corresponde a la ficha 7005 del MRI; yacimiento en base a los niveles yesíferos de la Fm. Peñalba (Mioceno inferior). Antigua explotación, inactiva sobre 8 m de banco y 50 de frente con 12 de recubrimiento
2	X: 740.800 Y: 4589.800 Z: 360 m	Anhidrita (sal sódica, lignito)	Bujaraloz (Z)	Lacustre, lagunar evaporítico	Anhidrita (halita, lignito negro)	Detectado por el sondeo petrolífero Bujaraloz 1 (1960) en niveles del Terciario continental (yeso y lignito), del Infralías (anhidrita) y del Muschelkalk "roth" (sal).
4 (222)	X: 737.400 Y: 4588.150 Z: 360 m	Yeso	Sástago (Z)	Lagunar evaporítico; subhorizontal	Yeso	Corresponde a la ficha 12951 del MRI, cantera de yeso para aglomerante sobre un nivel de unos 3 m en 80 m de frente
6	X: 736.475 Y: 4585.150 Z: 325 m	Anhidrita	Sástago (Z)	Evaporítico	Anhidrita	Detectado por el sondeo petrolífero "Ebro-1" (1976) que intersectó al menos 8 niveles gruesos de anhidrita en el Mesozoico
7	X: 735.975 Y: 4584.050 Z: 330 m	Anhidrita	Sástago (Z)	Evaporítico	Anhidrita	Detectado en un sondeo geotérmico sobre niveles equivalentes a los del indicio anterior

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

ROCAS INDUSTRIALES						
Nº (*)	COORDENADA UTM X Y Z	SUSTANCIA	MUNICIPIO (Provincia)	MORFOLOGIA Y/O TIPO	MINERALOGIA	OBSERVACIONES
3	X: 258.050 Y: 4590.300 Z: 220 m	Arcilla común	Candasnos (Hu)	Estratiforme, depós. detrítico continental	—	Corresponde a la ficha 6946 del MRI (sin reflejo en mapa) sobre un indicio del proyecto 131/86 IGME
5 (219)	X: 742.925 Y: 4586.975 Z: 365 m	Calizas	Bujaraloz (Z)	Estratiforme, calizas lacustres	—	Corresponde a la ficha 12975 de MRI, una cantera semiactiva que explota caliza como piedra de mampostería

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

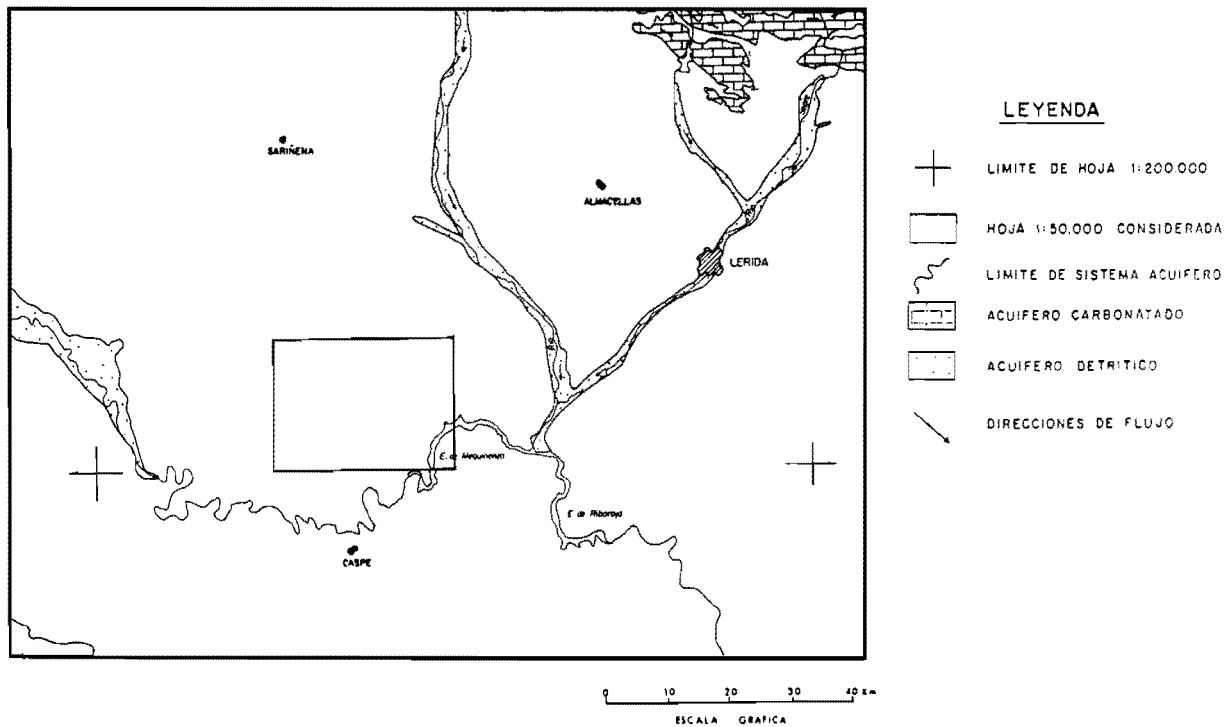


Fig. 14. Esquema hidrogeológico regional

Debido a las características ya señaladas, no se han realizado estudios hidrogeológicos en la zona hasta épocas recientes. El interés por conocer la hidrogeología de la zona surgió a raíz del proyecto de la puesta en regadío del Polígono de Monegros II. Cabe destacar los estudios realizados por CSIC-MOPU (1988), IEA-DPH (1989) e IRYDA (1989).

Existen un total de 71 puntos de agua inventariados en la hoja (10 manantiales, 33 pozos, 2 sondeos, 24 piezómetros, 1 zanja y 1 balsa) cuya distribución por octantes es la siguiente:

OCTANTE	Nº DE PUNTOS					TOTAL
	MANANTIALES	POZOS	SONDEOS	PIEZOMETROS	OTROS	
1	—	16	1	17	1	35
2	—	5	—	4	—	9
3	2	5	—	1	—	8
4	8	2	—	—	—	10
5	—	—	1	2	1	4
6	—	5	—	—	—	5
TOTAL	10	33	2	24	2	71

5.2.1. Climatología

La red de control instalada por el Instituto Nacional de Meteorología dentro del área consta de dos estaciones, ambas pluviométricas.

La precipitación media anual se sitúa entre los 300 y 400 mm (figura nº 15: mapa de isoyetas medias), siendo la primavera y el otoño las épocas más lluviosas.

La temperatura media anual es de 14-16°C. La temperatura media del mes más frío es de 5-7°C y la del más caluroso de 24-26°C.

La evapotranspiración potencial tiene unos valores medios anuales de 900 a 950 mm. Los déficits son muy acusados, sobre todo en la época estival.

El clima de la hoja de Bujaraloz según la clasificación de J. PAPADAKIS es de tipo Mediterráneo Continental Templado, con un invierno tipo Avena cálido y un verano tipo Arroz. En cuanto al régimen de humedad, queda definido como Mediterráneo seco.

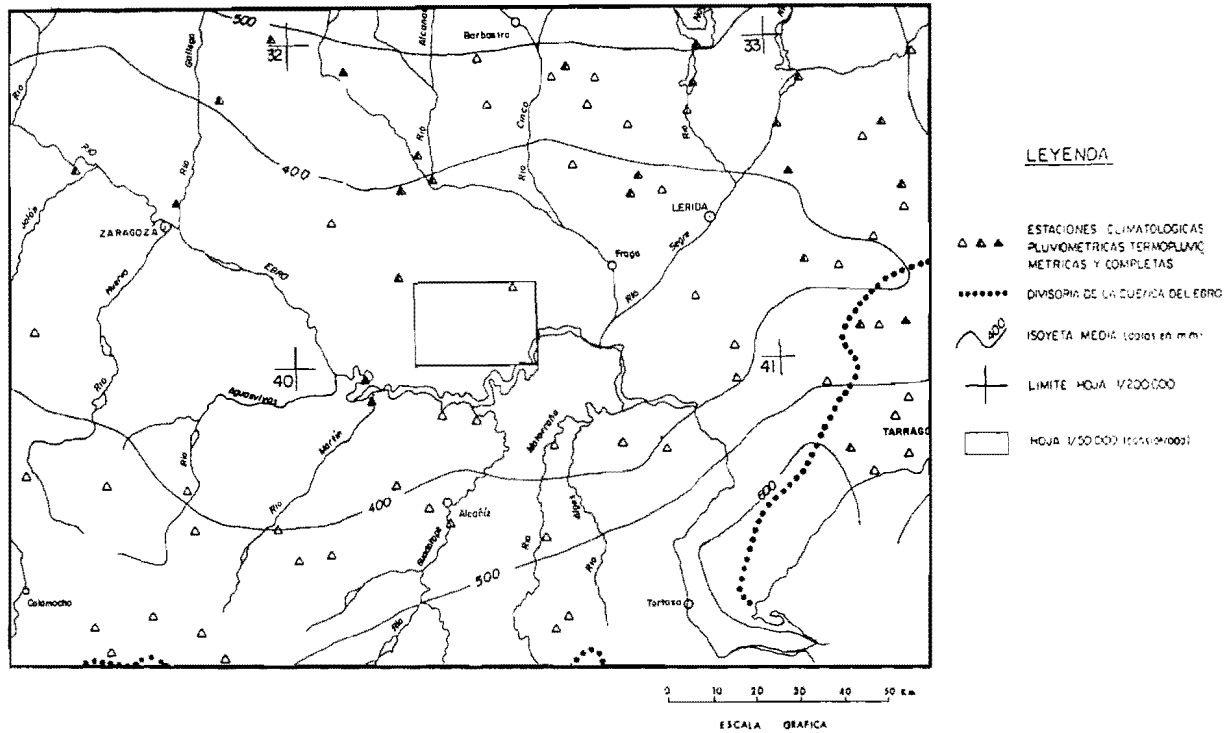


Fig. 15. Mapa regional de Isoyetas medias

5.2.2. Hidrología

La red hidrográfica de la hoja es escasa, siendo el Ebro el único cauce permanente que existe en la misma. Aparece en el extremo suroriental y se encuentra en este tramo formando parte del embalse de Mequinenza. La cerrada del mismo se encuentra en la vecina hoja de Mequinenza.

Toda la hoja está incluida en la cuenca del Ebro. Según la clasificación decimal del M.O.P.U. (1966) se diferencian tres subcuencas vertientes las tres directamente al Ebro.

La superficie total de la cuenca de recepción del Embalse de Mequinenza, a la cual pertenece en su totalidad la hoja de Bujaraloz, es de 57.444 km². La capacidad total del embalse se eleva a 1530 Hm³.

5.2.3. Características hidrogeológicas

5.2.3.1. Depósitos cuaternarios

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

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

Aunque las características litológicas de estos depósitos implican una permeabilidad media de los mismos, su pequeña extensión superficial y reducido espesor hacen que los recursos de agua que puedan albergar sean muy limitados y capaces tan sólo de atender demandas muy puntuales.

5.2.3.3. Materiales terciarios

Los depósitos terciarios presentes en la hoja son de permeabilidad baja o muy baja. Se pueden diferenciar tres grupos fundamentalmente:

- Las unidades cartográficas 1, 3,4, 7, 8, 9, 12, 13 y14 son impermeables o de permeabilidad muy baja. Presentan un predominio muy claro de materiales limosos y arcillosos.
- Las unidades 2, 5 y 6 presentan niveles calcáreos (2 y 5) o un mayor contenido de areniscas en forma de paleocanales (6) que posibilitan la existencia de zonas con mayor interés hidrogeológico dentro de estas unidades aunque de forma muy localizada y con unos recursos reducidos.
- Las unidades 10 y 11 corresponden mayoritariamente a calizas y yesos respectivamente. La existencia de una red de diaclasas o fracturas en estas unidades condiciona la circulación de agua a través de ellas. Asimismo, el desarrollo de las numerosas zonas endorreicas existentes en dichas unidades está condicionado por la naturaleza litológica de las mismas.

Existen dos hipótesis diferentes sobre el funcionamiento hidrogeológico de los materiales terciarios continentales aflorantes en la hoja:

- La primera considera al acuífero en su conjunto como un medio homogéneo de baja permeabilidad con un nivel de saturación próximo a la superficie y adaptado a la misma. Se admite la existencia de flujos locales, flujos intermedios y flujos profundos, siendo éstos últimos los principales responsables de la alimentación de las zonas húmedas.
- La segunda hipótesis considera la existencia de un sistema acuífero multicapa superficial o epidérmico que se recarga directamente del agua de lluvia, con salidas naturales a las lagunas o depresiones cerradas, en donde tienen lugar notables pérdidas por evaporación o subterráneamente por zonas de circulación preferencial (red de fracturación) en las formaciones yesíferas subyacentes hacia la Valcuerna o el Ebro. En esta hipótesis no se descarta la existencia de flujos profundos que sigan vías ascensionales asociadas a las alineaciones de fracturas de una cierta entidad aunque se consideran irrelevantes.

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

En los trabajos del IRYDA (1989) se elaboró un mapa de isopiezas (Abril-Mayo de 1989) en el que se observan fuertes gradientes piezométricos en el entorno de algunas lagunas así como en el sector comprendido entre la zona endorreica y el Arroyo de la Valcuerna. En el primer caso se asocian a los límites de las bandas más fracturadas que delimitan las lagunas; en el segundo se atribuyen a la baja permeabilidad general del sistema junto con la situación elevada de la meseta endorreica respecto al Arroyo de la Valcuerna.

En estos trabajos se realizaron también ensayos en varios piezómetros. Los resultados implican un acuífero muy heterogéneo con áreas de circulación preferente y áreas de muy baja permeabilidad con todos sus estadios intermedios. La media de las transmisividades da un valor de $0'13 \text{ m}^2/\text{día}$, con un valor máximo de $200 \text{ m}^2/\text{día}$ y un mínimo de $0'00001 \text{ m}^2/\text{día}$.

5.2.4. Hidrogeoquímica

Las formaciones terciarias albergan aguas muy mineralizadas. Las más mineralizadas tienden a localizarse en las proximidades de las lagunas.

Respecto a la composición aniónica, predominan las aguas sulfatadas aunque en algunos casos son sulfatadas-cloruradas o cloruradas-sulfatadas. La composición catiónica es más variable, con cierto dominio de las magnésicas y sódicas sobre las cálcicas aunque son numerosas las que presentan estadios intermedios.

5.3. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS GENERALES

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

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

AREA I

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

Dentro de este área se pueden distinguir las siguientes zonas:

Zona I₁

A ella pertenecen las unidades cartográficas (1), (3), (6) y (9).

Está constituida por arcillas rojizas con capas de areniscas, y localmente con niveles de escasa potencia de calizas. Las capas de areniscas oscilan entre 20 cm y 2 m de potencia media.

Las capas presentan una disposición subhorizontal, de pendientes suaves. Esta disposición favorece el ripado, sobre todo en los tramos lutíticos y de éstos con niveles de areniscas poco potentes.

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

La estabilidad en desmontes es deficiente, sobre todo por desprendimientos de bloques, debido a la erosión diferencial de los distintos materiales.

Zona I₂

A ella pertenecen las unidades cartográficas: (2), (5), (8) y (10).

Está constituida por calizas y margas en capas de escasa potencia.

Es una zona compuesta por capas subhorizontales, de pendientes suaves, prácticamente ripable en su totalidad.

Posee un mal drenaje profundo, debido a la impermeabilidad de las margas. Esto 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 I₃

A ella pertenecen las unidades cartográficas: (4), (7), (11) y (13).

Está constituida por arcillas y margas con intercalaciones de yesos, areniscas y calizas.

Es una zona compuesta por capas subhorizontales de pendientes suaves, prácticamente ripable en su totalidad. Posee un mal drenaje profundo, por la impermeabilidad de las arcillas y margas.

La capacidad de carga es moderada entre media y baja, pudiendo aparecer en cimentaciones asientos diferenciales.

La presencia en estos materiales de niveles de yeso aumenta el riesgo de agresividad a los hormigones.

Zona I₄

A ella pertenecen las unidades cartográficas: (12) y (14).

Está constituida por yesos nodulares y tabulares con margas. Estos materiales se disponen en capas cuya potencia está comprendida entre algunos centímetros y 60 cm.

La estratificación es, generalmente, buena en niveles horizontales.

La acción de la escorrentia puede originar problemas por disolución.

Asimismo, pueden plantear problemas intensos de agresividad a los hormigones.

Los materiales de este grupo no son ripables.

AREA II

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

Se han distinguido las siguientes zonas:

Zona II₁

Está formada por las unidades cartográficas: (16), (17) y (19).

Está constituida por limos, arcillas y gravas angulosas.

Estos materiales presentan la estructura típica tipo glaciis con pendientes de 5 a 10°, que convergen en ocasiones con niveles de terraza.

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

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

Zona II₂

Está formada por las unidades cartográficas: (15) y (18).

Está constituida por gravas redondeadas, arenas y limos, en ocasiones con costras carbonatadas.

Presentan morfología de terrazas.

Esta formación es ripable, siendo estos materiales aptos para la obtención de gravas y préstamos.

Los taludes se mantienen prácticamente verticales.

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

Zona II₃

Está formada por las unidades cartográficas: (20) y (23).

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

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

Zona II₄

Está formada por las unidades cartográficas: (21) y (24).

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

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

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

Zona II₅

A ella pertenece la unidad cartográfica: (22).

Está constituida por arcillas y limos con sales, de origen lagunar reciente.

Se trata de un depósito poco potente de materiales de sedimentación endorreica en disposición horizontal.

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

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

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

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

Situada en la comarca natural de Los Monegros, orográficamente está dominada por un relieve llano.

La litología representada pertenece a materiales de edad terciaria. Al norte dominan los sedimentos pelíticos ocasionalmente con intercalaciones de paleocanales de areniscas, al sur se encuentran sedimentos arcillosos tabulares con intercalaciones de paleocanales de areniscas, al este y sureste dominan materiales carbonatados lacustres y en la zona centro-occidental existe un predominio de sedimentos de origen evaporítico. Los sedimentos cuaternarios consisten en depósitos aluviales, coluviales y de zonas endorreicas.

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 P.I.G., siempre usando un método directo de subjetividad aceptado por todos (CLAVER *et al.*, 1984).

Resultado de esta selección se han obtenido un total de 3 P.I.G., con un interés variado: estratigráfico, geomorfológico, tectónico, etc., cuya utilización principal es de tipo científico y divulgativo en un ámbito local o regional.

Posteriormente y usando el mismo método de subjetividad se escogió 1 de los 3 P.I.G. iniciales considerando que era el que mejor representaba los procesos geológicos acaecidos de la hoja.

P.I.G. n° 1

En la zona del sur de Bujaraloz se desarrollan gran número de lagunas sobre los sedimentos miocenos depositados en un ambiente de margen de lago salino correspondientes a la Unidad Bujaraloz-Sariñena. Esta laguna es la mayor de todo el sector, comparte su superficie con la vecina hoja de Gelsa (413), y recibe el nombre de Laguna de la Playa. El origen de estas lagunas se debe a fenómenos kársticos que afectan a los sedimentos evaporíticos

CUADRO RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE LOS MATERIALES DE LA HOJA DE BUJARALOEZ

AREAS	ZONAS	UNIDADES CARTOG.	LITOLOGIA	ESTRUCTURA	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
I	I ₁	(1), (3), (6) y (9)	Arcillas con capas de areniscas y localmente de calizas	Capas subhorizontales de pendientes suaves	Fácilmente ripables. Drenaje superficial y profundo deficiente. Estabilidad en desmontes deficiente
	I ₂	(2), (5), (8) y (10)	Calizas y margas	Capas subhorizontales de pendientes suaves	Formación ripable. Mal drenaje profundo con riesgos de encharcamiento. Capacidad de carga moderada, entre media y baja. Fácil erosionabilidad de los materiales
	I ₃	(4), (7), (11) y (13)	Arcillas y margas con intercalaciones de yesos areniscas y calizas	Capas subhorizontales de pendientes suaves	Formación ripable. Mal drenaje profundo. Capacidad de carga moderada. La presencia de yeso aumenta el riesgo de agresividad a los hormigones
	I ₄	(12) y (14)	Yesos nodulares y tabulares con margas	Capas subhorizontales	Problemas de disolución por escorrentía y de agresividad a los hormigones por la presencia de yeso. No ripables como en superficie.
II	II ₁	(16), (17) y (19)	Limos, arcillas y gravas angulosas	Estructura tipo glacis	Taludes inestables. Ripabilidad elevada. Permeabilidad baja con problemas de aterramientos locales
	II ₂	(15) y (18)	Gravas redondeadas, arenas y limos	Morfología de terrazas	Formación ripable. Materiales aptos para préstamos. Taludes verticales. Materiales permeables
	II ₃	(20) y (23)	Cantos y gravas en matriz limo-arcillosa	Coluviones	Ripabilidad elevada. Permeabilidad de media a alta, sin problemas de drenaje
	II ₄	(21) y (24)	Cantos y gravas en matriz limo-arcillosa	Relleno de cauces fluviales	Ripabilidad elevada. Permeabilidad de media a alta
	II ₅	(22)	Arcillas y limos con sales	Depósitos endorreicos	Fácilmente ripables. Baja permeabilidad y drenaje superficial deficiente. Agresividad a los hormigones.

que constituyen dicha unidad. Estas lagunas suelen presentar una alineación preferencial NO-SE propiciada por la presencia de una diaclasas o fracturas de escaso salto que poseen esta dirección.

Durante los períodos otoñales es cuando pueden transcurrir lapsos de tiempo en que la laguna se halle cubierta por una delgada lámina de agua que, aunque sea extensa, puede poseer una profundidad de escasos centímetros (máximo 10 cm en el centro de la laguna). Mientras que el resto del año se halla totalmente desecada por efecto de evaporación de la delgada lámina de agua. Las coloraciones blancas se deben a eflorescencias salinas que recubren el sedimento limoso y margo-arcilloso que rellena el fondo de la depresión.

7. GEOFISICA Y SONDEOS

En la hoja de Bujaraloz existe una información del subsuelo variada y completa. Se cuenta con documentación originada a partir de múltiples técnicas. En primer lugar, se dispone de información litológica y estratigráfica del subsuelo procedente de testigos y diagráfias de dos sondeos profundos: EBRO-1 y BUJARALUZ-1.

Las líneas sísmicas, procedentes de las campañas HL y CA, cruzan la zona aportando importante información sobre la estructura y disposición, fundamentalmente, de los materiales del Mesozoico.

La gravimetría, desarrollada en 1962 por ENPASA, con una malla de 4 estaciones/km², permite determinar un importante máximo gravimétrico al sur de Bujaraloz como aspecto más relevante, ya que no se obtiene mucha información de las directrices estructurales preferentes de la zona.

Una cuarta fuente de información, la constituyen las Campañas de Sondeos Electromagnéticos, en la modalidad del Dominio de Tiempos, llevadas a cabo durante 1991. Estos documentos aportan un conocimiento importante de la disposición espacial y características físicas de las diferentes unidades litológicas del Terciario.

CUADRO RESUMEN DE LA INFORMACION GEOFISICA	
SONDEOS	EBRO-1, BUJARALUZ-1
LINEAS SISMICAS	CA-1 Sur, CA-3, HL-14, HL-34 SO
GRAVIMETRIA	4 estaciones/km ² (1962)
SEDT	PEM-2, PEM-8 (1991)

8. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTÍ, J.; ANADÓN, P.; ARBIOL, S. y CABRERA, L. (1983-84). Biozonación mediante Roedores (Mammalia) del tránsito Oligoceno-Mioceno en el sector sureste de la Cuenca del Ebro. *Paleontologia i Evolució*, nº XVIII, pp. 131-149.
- AGUSTÍ, J.; ANADÓN, P.; ARBIOL, S.; CABRERA, L.; COLOMBO, F. y SÁEZ, A. (1987). "Biostratigraphical characteristics of the Oligocene sequences of North-Eastern Spain (Ebro and Campins Basins)" *Münchner Geowiss, Abh, (A)*, 10, 35-42, 2 figs.
- AGUSTÍ, J.; CABRERA, L.; ANADÓN, P. y ARBIOL, S. (1988). A Late Oligocene-Early Miocene rodent biozonation from the SE Ebro Basin (NE Spain). A potential mammal stage stratotype. *Newsl. Stratigr.* 18 (2) pp. 81-97, 5 fig. Berlin-Stuttgart.
- 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.
- ALBERTO, F.; GUTIÉRREZ, M.; IBÁÑEZ, M.J.; MACHÍN, J.; PEÑA, J.L.; POCOVÍ, A. y RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1984). El Cuaternario de la Depresión del Ebro en la región aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes. *Univ. de Zaragoza. Estación Experimental de Aula Dei.* Zaragoza, 217, pp. 2 mapas.
- ANADÓN, P.; COLOMBO, F.; ESTEBAN, M.; MARZO, M.; ROBLES, S.; SANTANACH, P. y SOLÉ SUGRAÑES, LL. (1979). Evolución tectonoestratigráfica de Los Catalánides. *Acta Geológica Hispánica.* t. 14, Homenaje a Lluís Solé Sabarís, pp. 242-270. 2 mapas.
- ANADÓN, P.; CABRERA, LL.; COLOMBO, F.; MARZO, M. y RIBA, O. (1986). Syntectonic intraformational unconformities in alluvial fan deposits, Eastern Ebro Basin margins (NE Spain). *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.* 8, 259-271.
- ANADÓN, P.; VIANEY-LIAUD, M.; CABRERA, L. y HARTENBERGER, J.L. (1987). Gisements à vertébrés du Paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie. *Paleontologia i Evolució* T.21, pp. 117-131.
- 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.
- 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.
- CABRERA, LL. (1983). *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Oligoceno-Mioceno del SE de la Cuenca del Ebro.* Tesis doctoral. Univ. Barcelona. 443 pp.
- CLAVER, I.; AGUILÓ, M.; ARAMBURU, M.P.; AYUSO, E.; BLANCO, A.; CALATAYUD, T.; CEÑAL, M. A.; CIFUENTES, P.; ESCRIBAMO, R.; FRANCÉS, E.; GLARIS, G.; GONZÁLEZ, S.; LACOMA, E.; MUÑOZ, C.;

- ORTEGA, C.; OTERO, S.; RAMOS, A. y SAIZ DE OMEÑACA, M.G. (1984). Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. *Manuales CEOTMA* nº 3, MOPU, Madrid, 572 pp.
- CUENCA, G.; AZANZA, B.; CANUDO, J.I. y FUERTES, V. (1989). Los micromamíferos del Mioceno inferior de Peñalba (Huesca). Implicaciones bioestratigráficas. *Geogaceta*, nº 6, pp. 75-77.
- CUENCA, G. (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).
- FERRER, J. (1971). El Paleoceno y el Eoceno del borde sur-oriental de la Depresión del Ebro (Cataluña). *Mem. Suiss. Paleontol.* 90: 70 p. Basilea.
- 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. *Spec. Publs. Int. Ass. Sediment*, 8, pp.247-258.
- I.E.A.-D.P.H. (1989). Impacto hidrológico e hidroquímico de los futuros regadíos de Monegros II en los sectores pertenecientes a la provincia de Huesca. *Inédito*.
- IGME (1975). Estudio geológico y minero del área lignitífera de Calaf (inédito).
- IGME (1975). Proyecto de investigación de radioactivos del área lignitífera y uranínifera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1976). Área lignitífera y uranínifera 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*).
- IRYDA (1989). Estudio geohidrológico de los sectores VIII, IX y XI de la zona regable de Monegros II (Zaragoza y Huesca). *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*).
- MEIN, P. (1975). "Report on Activity". *RCMNS Working groups*. Bratislava, pp. 78-81.
- M.O.P.U. (1966). Clasificación decimal de ríos. Cuenca del Ebro.
- ORTÍ, F.; SALVANY, J.M.; ROSELL, L.; PUEYO, J.J. y INGLÉS, M. (1986). Evaporitas antiguas (Navarra) y actuales (Los Monegros) de la Cuenca del Ebro. XI Congreso Español de Sedimentología, Barcelona. Guía de las Excursiones.
- PEÑA, J.L. (1983). La Conca de Tremp y Sierras Prepirenaicas comprendidas entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana. Estudio Geomorfológico. *Instituto de Estudios Ilerdienses*. Lérida, p. 373.
- PEÑA, J.L. y SANCHO, C. (1988). Correlación y evolución cuaternaria del sistema fluvial Segre-Cinca en su curso bajo (provs. de Lérida y Huesca). *Cuaternario y Geomorfología*, Vol. 2 (1-4), pp. 77-83.
- PÉREZ, A.; AZANZA, B.; CUENCA, G.; PARDO, G. y VILLENA, J. (1985). Nuevos datos estratigráficos y paleontológicos sobre el Terciario del borde meridional de la Depresión del Ebro (provincia de Zaragoza). *Estudios geológicos*, 41, pp. 405-411.
- PÉREZ, A.; 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). In: A. Pérez, A. Muñoz y J.A. Sánchez (eds.), *Sistemas lacustres neógenos del margen ibérico de la Cuenca del Ebro. Guía Campo. III Reunión Grupo Español de Trabajo*. PICG 219: 7-20.

- PUEYO MUR, J.J. (1978-79). La precipitación evaporítica actual en las lagunas saladas del área: Bujaraloz, Sástago, Caspe, Alcañiz y Calanda (provincias de Zaragoza y Teruel). *Revista del Inst. de Inv. Geológicas, Barcelona*, vol. 33, pp. 5-56.
- PUEYO MUR, J.J. (1980). La sedimentación evaporítica actual en las lagunas de la zona de Bujaraloz-Alcañiz (provincias de Zaragoza y Teruel). IX Congr. Nac. Sedim. Salamanca, pp. 299-316.
- PUEYO MUR, J.J. (1980). Procesos diagenéticos observados en las lagunas tipo playa de la zona de Bujaraloz-Alcañiz (provincias de Zaragoza y Teruel). *Rev. Inst. Inv. Geol.*, vol. 34, pp. 195-207. Barcelona.
- PUIGDEFÁBREGAS, C.; MUÑOZ, J.A. y MARZO, M. (1986). Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequence in the southern foreland basins. *Spec. Pub. Int. Ass. Sediment.* 8, pp. 319-336.
- QUIRANTES, J. (1969). *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros*. Tesis Doctoral. Univ. Granada. *Institución "Fernando El Católico" (CSIC)* Diputación Provincial de Zaragoza, 1978. 200 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. (1976). Tectogenèse et Sédimentation: deux modèles de discordances syntectoniques pyrénéennes. *Bulletin du B.R.G.M. (2ª serie)*. Section 1, nº 4, pp. 383-401, 12 figs.
- RIBA, O.; REGUANT, S. y VILLENA, J. (1983). Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca del Ebro. *Libro Jubilar J.Mª Ríos. Geología de España*, T.2, I.G.M.E., pp. 131-159.
- SIMON, 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.

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



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA