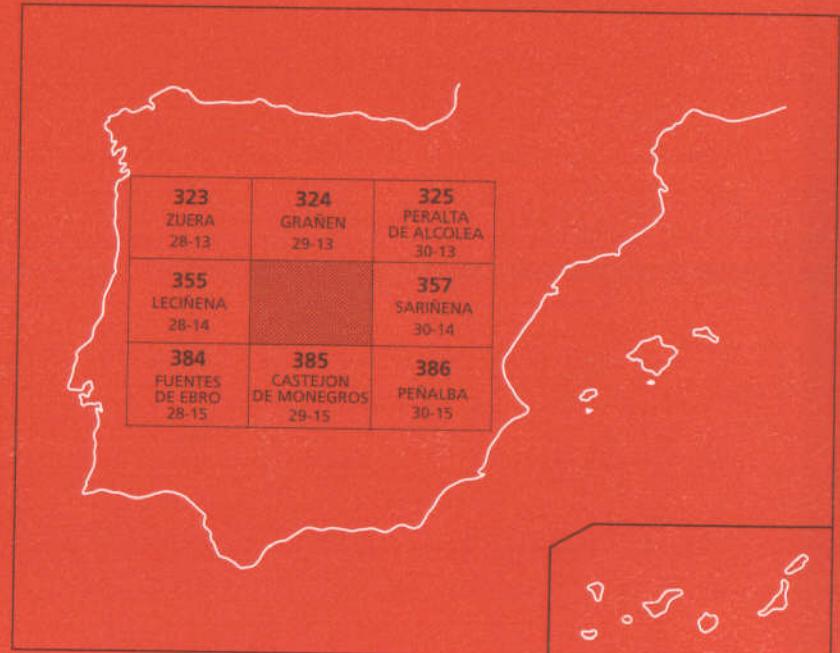




MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie - Primera edición



LANAJA



MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA

LANAJA

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Lanaja (356) han sido realizados, durante 1990 por la Compañía General de Sondeos S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

Cartografía Geológica: J.M. Costa i Mercadal (Terciario), J.I. Ramírez Merino (Terciario y Cuaternario) y J.J. Navarro Juli (Tectónica) de la CGS

Memoria: J.M. Costa i Mercadal, J.I. Ramírez Merino y A. Salazar Rincón (CGS)

Geomorfología: J.I. Ramírez Merino

Neotectónica: J.J. Navarro Juli y J.L. Simón Gómez (Univ. de Zaragoza)

Columnas estratigráficas: J.M. Costa i Mercadal y A. Hernández de Samaniego (CGS)

Sedimentología laboratorio: A. del Olmo Sanz (CGS)

Micropaleontología: J. Ramírez del Pozo (CGS)

Micromamíferos: G. Cuenca Bescós (Univ. de Zaragoza)

Informes complementarios:

Sedimentología: J.M. Costa i Mercadal (CGS)

Hidrogeología: R. Rodríguez Santisteban y F.J. Almoguera Lucena (C.G.S.)

Puntos Interés Geológico: C. Soriano Clemente (C.G.S.)

Recursos Minerales: A. García Villar (C.G.S.)

Dirección del Proyecto y Supervisión: A. Barnolas Cortinas y A. Robador Moreno (ITGE)

© INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M. 2.120 - 1998

ISBN: 84-7840-315-9

NIPO: 241-96-007-6

Fotocomposición: Diseño Gráfico AM 2000, S. L.

Impresión: Master's Gráfico, S. A.

ÍNDICE

	Páginas
0. INTRODUCCION	7
1. ESTRATIGRAFIA	9
1.1. Terciario	11
1.1.1. Unidad Galocha-Ontiñena (río Flumen)	11
1.1.1.1. Arcillas y paleocanales de arenisca (1). (Ageniense)	16
1.1.1.2. Unidad Bujaraloz-Sariñena	18
1.1.1.2.1. Paleocanales de areniscas y arcillas, localmente niveles de calizas micríticas (2). (Ageniense-Aragoniente)	20
1.1.1.2.2. Calizas micríticas, margas y arcillas (3). (Ageniense)	21
1.1.1.2.3. Margas con nódulos de yeso (4). (Ageniense-Aragoniente)	22
1.1.1.3. Unidad Remolinos-Lanaja	22
1.1.1.3.1. Arcillas, areniscas en paleocanales y en capas tabulares, localmente con nódulos de yeso y calizas (5). (Aragoniente)	25
1.1.1.3.2. Margas, yesos nodulares, areniscas y calcisilitas (6). (Aragoniente)	26
1.1.1.3.3. Yesos tabulares y nodulares, alternando con margas (7). (Aragoniente)	27
1.1.1.3.4. Alternancia de calizas y margas. Ocasionalmente arcillas rojizas y capas tabulares de arenisca (8). (Aragoniente)	27
1.1.1.4. Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora	28
1.1.1.4.1. Arcillas ocres y margas con areniscas y calizas localmente con nódulo de yeso (9). (Aragoniente)	29
1.1.1.4.2. Calizas micríticas y detriticas con estromatolitos, alternando con margas (10). (Aragoniente)	31
1.1.1.5. Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón	31
1.1.1.5.1. Arcillas ocres y margas, areniscas en paleocanales y en capas tabulares, calizas y yesos nodulares (11). (Aragoniente)	34

	Páginas
1.1.5.2. Margas y yesos estratiformes (12). (Aragoniente)	35
1.1.5.3. Calizas micríticas, calizas detríticas con estromatolitos y margas (13). (Aragoniente).....	36
1.1.6. Unidad San Caprasio.....	36
1.1.6.1. Arcillas rojizas, paleocanales de arenisca, margas y tablas de caliza (14). (Aragoniente-Vallesiense).....	36
1.1.6.2. Calizas micríticas y margas (15). (Vallesiense)	37
1.1.6.2. Calizas micríticas y margas (15). (Vallesiense)	37
1.2. Cuaternario.....	40
1.2.1. Gravas y cantos con matriz limo-arcillosa (16, 19). Glacis. Pleistoceno-Holoceno	40
1.2.2. Cantos y gravas, eventualmente con cemento calcáreo (17, 18 y 22). Terrazas. Pleistoceno	40
1.2.3. Lutitas con materia orgánica (20). Zonas endorreicas. Holoceno.....	41
1.2.4. Cantos en matriz arcillosa (21). Coluviones. Holoceno.....	42
1.2.5. Gravas y arenas (23). Llanura de inundación. Holoceno.....	42
1.2.6. Gravas en matriz limo-arcillosa (24). Aluviales y fondos de vale. Holoceno	43
2. TECTONICA	43
2.1. Marco tectónico regional	43
2.2. Descripción de la estructura	44
2.3. Evolución tectónica	44
2.4. Neotectónica	45
3. GEOMORFOLOGIA	45
3.1. Descripción fisiográfica	45
3.2. Análisis geomorfológico	45
3.2.1. Estudio morfoestructural	46
3.2.2. Estudio del modelado	46
3.2.2.1. Laderas	46
3.2.2.2. Formas fluviales	47
3.2.2.3. Formas lacustres	47
3.2.2.4. Formas polígenicas.....	48
3.2.2.5. Formas antrópicas	49
3.3. Formaciones superficiales	50
3.4. Evolución dinámica	50
3.5. Morfología actual y subactual y tendencias futuras	50
3.5. Morfología actual y subactual y tendencias futuras	51
4. HISTORIA GEOLOGICA	52
5. GEOLOGIA ECONOMICA	54
5.1. Recursos minerales	54
5.1.1. Minerales energéticos	54
5.1.2. Rocas industriales	54

	<i>Páginas</i>
5.2. Hidrogeología	56
5.2.1. Climatología	56
5.2.2. Hidrología	58
5.2.3. Características hidrogeológicas	58
5.2.3.1. Depósitos cuaternarios	58
5.2.3.2. Areniscas terciarias	59
5.3. Características geotécnicas generales	60
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO. (P.I.G.) ..	60
7. BIBLIOGRAFIA	62

0. INTRODUCCION

La hoja de Lanaja (356) se encuentra situada en el sector central de la Depresión del Ebro, en la comarca natural de Los Monegros. Administrativamente, su superficie se reparte entre las provincias de Huesca y de Zaragoza.

El relieve de la parte meridional y occidental de la zona, viene dominado por la Sierra de Alcubierre, la cual posee una dirección NO-SE y una altitud que llega a alcanzar los 812 m, en la cumbre de San Caprasio. Por el contrario, el relieve del sector oriental y septentrional del territorio comprendido en la hoja, es llano y, esporádicamente, se halla interrumpido por cerros aislados, como el de la Sarda de Calvo (498 m) y el de La Mascarata (428 m). Las zonas más deprimidas topográficamente, se hallan en el sector nor-oriental, en las inmediaciones del cauce del Río Flumen (250 m).

El drenaje del territorio, se realiza a través de una red de vales (nombre local que reciben los valles o barrancos) o cursos de agua esporádicos y estacionales. Las vales desarrolladas en la vertiente septentrional de la Sierra de Alcubierre, desaguan hacia el Río Flumen, el cual discurre por la parte nor-oriental de la zona.

El clima es de tipo continental árido, con marcadas oscilaciones térmicas anuales. Las nieblas son frecuentes en invierno, las precipitaciones escasas y con carácter estacional. En verano se padece una fuerte insolación.

La economía de la zona es fundamentalmente agrícola, basándose en cultivos de secano y también de regadío, al transcurrir por la región, el canal de Monegros. Minoritariamente, se desarrolla una actividad ganadera ovina.

La densidad de población es baja, distribuyéndose en cuatro núcleos: Lanaja, Alcubierre, Farlete y Pallaruelo de Monegros. Con la creación de la agricultura de regadío, se han formado núcleos de población de reciente ubicación, como: San Juan de Flumen, Cantalobos y Orillena.

Los materiales que configuran el territorio que comprende la hoja, poseen una edad terciaria (Mioceno) y cuaternaria. La distribución de facies de los sedimentos terciarios presentes

en la zona, corresponde, a grandes rasgos, con la distribución general de la cuenca mioce-
na. En la parte noreste de la zona, existe un predominio de facies terrígenas de origen alu-
nícola, procedentes del Pirineo y que forman parte del sistema de Huesca (sensu HIRST y
NICHOLS, 1986). Por el contrario, en los sectores meridionales y occidentales del territorio,
predominan los sedimentos carbonáticos, de origen lacustre-palustre y los evaporíticos,
depositados en un ambiente de margen de lago salino.

Dentro de la zona, durante el Plioceno y el Cuaternario, ha tenido lugar una importante actividad erosiva. La Sierra de Alcubierre ha quedado como un vestigio de esta erosión. Los principales depósitos cuaternarios, consisten en diversos niveles de glacis, que se desarrollan en los dos flancos de esta sierra, y que, en conjunto, poseen una extensión areal importante. Cabe también citar, los depósitos de terrazas del Río Flumen y, también, los depósitos aluviales de fondo de fondo de val.

La distribución de facies expuesta anteriormente, es la que condiciona la geomorfología general de la zona. En los sectores oriental y septentrional de la hoja, existe el dominio de un relieve abarrancado, mientras que en la zona sur-occidental de la misma, predomina un relieve modelado en cuestas, el cual viene favorecido por la presencia de niveles calcáreos de considerable extensión lateral.

La actividad tectónica ha afectado de forma tenue a estos materiales. Existe un ligero buzamiento generalizado hacia el oeste y suroeste que se corresponde con la dirección general hacia el centro de la Cuenca del Ebro.

El área cartografiada, se halla 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, como centro de deposición de materiales continentales procedentes del desmantelamiento de las cordilleras circundantes: del Pirineo, situado al norte, de la Sierra Ibérica, situada hacia el SO y de Los Catalánides, situados en el sureste. Dentro de la zona estudiada, los materiales fluvio-aluviales, que configuran la parte septentrional y oriental del territorio, proceden exclusivamente del Pirineo (sistema deposicional de Huesca).

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

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

Para el estudio geológico de la hoja de Lanaja, se han levantado un total de 6 columnas estratigráficas que han respaldado el estudio cartográfico. Se han realizado además los habituales estudios de sedimentología, de tectónica y de geomorfología. Asimismo se ha procedido a la recolección de muestras para el estudio petrográfico y para el estudio de levigados.

1. ESTRATIGRAFIA

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

En la hoja existen cuatro principales dominios litológicos: 1) El sector septentrional y oriental, está básicamente constituido por materiales terrígenos de origen aluvial, entre los que se intercala algún nivel carbonático, de origen lacustre-palustre. 2) Gran parte del sector central y del sector nor-occidental, está formado por materiales margo-yesíferos, en los que se intercalan areniscas. En conjunto corresponden a facies de margen de lago salino. 3) Los sectores meridional y occidental, en donde se ubica la Sierra de Alcubierre, se caracterizan, a grandes rasgos, por una alternancia de lutitas (en las que se intercalan niveles de yeso y de areniscas) y de niveles carbonáticos. Los niveles lutíticos, en la parte centro-meridional, en general presentan facies de abanico aluvial distal y facies lacustre-palustres, mientras que en el sector nor-occidental, presentan facies de margen de lago salino. Por su parte los niveles carbonáticos, representan facies lacustre-palustres. 4) Finalmente el sector sur-occidental de la zona, está constituida por una alternancia de margas yesíferas y de yesos estratiformes, que corresponde a facies de lago salino.

De lo anteriormente expuesto, se deduce que en la zona existe una evolución de facies, continua y gradual, que se realiza en dos sentidos diferentes: uno que se efectúa desde la parte nor-oriental, hacia la parte sur-occidental del territorio, y otro que se realiza desde la parte oriental hacia la parte nor-occidental del mismo. Este cambio de facies consiste en el paso gradual entre las facies terrígeno-aluviales, de los sectores septentrional y oriental, a las facies de margen de lago salino y lacustre-palustres, que se desarrollan en los sectores meridional y occidental del área cartografiada. Esta distribución de las facies, se debe a la paleogeografía que posee el abanico aluvial de Huesca (HIRST y NICHOLS, 1986), cuyo eje se dispone según una dirección NE-SO y, por lo tanto, los cambios de facies se realizan alrededor de este eje.

Los materiales aluviales de la parte oriental y septentrional de la zona, se localizan en la parte basal de la serie miocena representada en el área cartografiada y poseen una edad com-

prendida entre el Ageniense y el Aragoniense. En realidad consisten en una alternancia de facies pelítico-arenosas y de facies dominantemente pelíticas. De esta forma, dentro de ellos se establece una ciclicidad que se repite tres veces, en la sucesión estratigráfica. Cada ciclo, en la base está constituido por facies aluviales pelítico-arenosas y en el techo, por facies pelíticas, de origen aluvial y palustre. En la parte superior de los dos últimos ciclos, se desarrollan facies carbonáticas lacustre-palustres. Esta ciclicidad, dentro de estos materiales, se observa mucho mejor en la parte meridional del área comprendida en la vecina hoja de Sariñena (357), donde los carbonatos, lacustre-palustres, se hallan muy bien desarrollados, en el techo de cada ciclo. Dentro del área, se puede observar como, hacia el sector nor-occidental del territorio, las facies aluviales de los dos últimos ciclos, pasan a facies de margen de lago salino.

Por otro lado, los materiales lutítico-carbonáticos, del sector meridional y occidental del territorio, que constituyen la Sierra de Alcubierre, suprayacen estratigráficamente a los anteriormente citados y poseen una edad comprendida entre el Aragoniense y el Vallesiense. Consisten en una monótona alternancia entre materiales lutíticos y materiales carbonáticos. Los primeros, en el sector centro-meridional del territorio, consisten en facies margo-arcillosas, de origen aluvial distal y, en el sector nor-occidental, pasan a facies margo-yesíferas, de margen de lago salino. Los materiales carbonáticos, representan facies lacustre-palustres y se extienden ampliamente a lo largo de toda la Sierra de Alcubierre. De la misma forma que los materiales infrayacentes, estos también se ordenan de forma cíclica. Cada ciclo, en la base está formado por facies terrígenas, de origen aluvial, o por facies margo-yesíferas, de margen de lago salino (excepto el último ciclo) y, en el techo, por facies carbonáticas de origen lacustre-palustre. De esta forma, el conjunto de estos materiales, están organizado en tres nuevos ciclos sedimentarios.

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 ciclicidad ha permitido distinguir dentro de la zona, un total de seis unidades de carácter genético-sedimentario. Estas unidades corresponden a secuencias deposicionales (MITCHUM, 1977), es decir a "unidades estratigráficas, relativamente concordantes, compuestas por una sucesión de estratos, genéticamente relacionados y cuyos límites, a techo y muro, son discordancias o sus relativas conformidades.

Debido a la ausencia de un modelo bien definido en cuencas continentales, hemos preferido usar el término de unidad genético-sedimentaria. La correlación de los límites de estas unidades hacia el sur, oeste y noroeste, nos ha permitido diferenciarlas en sectores más cercanos al centro de la cuenca, donde todo el sedimento presente va evolucionando a facies de lago salino. De la misma forma, la cartografía de estos límites, hacia áreas relativamente marginales de la cuenca, donde solamente existen facies detríticas, nos ha permitido distinguir los ambientes de abanico aluvial distal que corresponden a cada una de estas unidades.

Trabajando bajo este punto de vista, hemos diferenciado, en la parte central de la cuenca del Ebro, un total de veinte unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendi-

dida entre el Priaboniense y el Aragoniense-Vallesiense. De todas estas sólo seis se hallan presentes en la hoja y tienen una edad comprendida entre el Ageniense y el Vallesiense. Estas unidades reciben, de base a techo, los nombres de: Unidad Galocha-Ontiñena, Unidad Bujaraloz-Sariñena, Unidad Remolinos-Lanaja, Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora, Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón y Unidad San Caprasio.

La correlación de estas unidades genético-sedimentarias con las unidades litoestratigráficas definidas por QUIRANTES (1969), se puede observar en la Figura 1.

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

En la zona cartografiada, aflora la parte superior de la Unidad Galocha-Ontiñena (Río Flumen) y la totalidad de las Unidades de Bujaraloz-Sariñena, Remolinos-Lanaja, Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora, Sierra de Lanaja-Montes de Castejón y San Caprasio (Fig. 4).

Dentro del territorio que comprende la hoja, durante la ejecución del proyecto, se hizo el sondeo de Pallaruelo 1, en el área sur-oriental de la zona.

Los depósitos cuaternarios, dentro de la hoja, ocupan una gran extensión, siendo los glaciares pleistocenos los que alcanzan un mayor desarrollo.

1.1. TERCIARIO

1.1.1. **Unidad Galocha-Ontineña (río Flumen)**

Aflora únicamente en el extremo oriental de la zona, en las cercanías y a lo largo del cauce del Río Flumen, de forma parcial, ya que sólo afloran sus 25-30 m superiores.

Dentro del área cartografiada, está únicamente constituida por facies terrígenas de origen aluvial, en las que predominan los materiales pelíticos de llanura de inundación.

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la Unidad Galocha-Ontiñena se ha caracterizado en la hoja de Sariñena (357), donde presenta facies aluviales procedentes del Pirineo y que forman parte del Sistema de Huesca (*sensu* HIRST y NICHOLS, 1986). En la parte sur de la misma hoja, las facies aluviales están solapadas por facies carbonáticas de origen lacustre-palustre, que constituyen el techo de la unidad. Hacia el área comprendida en las hojas de Peñalba (386), Fraga (387), Mequinenza (415) y la parte oriental de la hoja de Bujaraloz (414), está formada por facies aluviales distales (lutíticas), en las que se intercalan diferentes niveles carbonatados en la parte superior. En el sector meridional de la cuenca, ha sido reconocida en las hojas de Caspe (442), Bujaraloz (parte S) (414) y Gelsa (413). En este área, está formada en la base por sedimentos aluviales, procedentes de la cordillera Ibérica y en el techo, por carbonatos de origen lacustre-palustre (ver Figura 5). Estos materiales, hacia el

EDAD			UNIDADES GENETICO-SEDIMENTARIAS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS Quirantes, 1969	DESCRIPCION DE LAS LITOLOGIAS HOJA DE LANAJA	YACIMIENTOS PALEONTOLOG.	
SERIE	PISO	U. MEIN					
MIOCENO	ARAGONIENSE	VALL.	MN-5	U. SAN CAPRASIO		- Puig Ladrón	
				U. SIERRA DE LANAJA-MONTES DE CASTEJON			
		MN-4b		U. SIERRA DE PALLARUELO-MONTE DE LA SORA	FM. ALCUBIERRE		
				U. DE REMOLINOS-LANAJA			
		MN-4a			FM. ZARAGOZA		
		MN-3b			FM. SARIÑENA	- Peñalba	
	AQUITAN.	MN-3a		U. DE BUJARALOZ-SARIÑENA		- C. del Abuelo	
		MN-2b					
		MN-2a		U. DE GALOCHA-ONTIÑENA			
1. Arcillas y paleocanales de arenisca.							
2. Paleocanales de areniscas y arcillas, localmente niveles de calizas micríticas.							
3. Calizas micríticas, margas y arcillas.							
4. Margas con nódulos de yeso.							
5. Arcillas, areniscas en paleocanales y en capas tabulares localmente con nódulos de yeso y calizas.							
6. Margas, yesos nodulares, areniscas y calcisilitas.							
7. Yesos tabulares y nodulares, alternando con margas.							
9. Arcillas ocres y margas con areniscas y calizas. Localmente con nódulos de yeso.							
10. Calizas micríticas y detríticas con estromatolitos alternando con margas.							
11. Arcillas ocres y margas, areniscas en paleocanales y en capas tabulares, tablas de caliza y yesos nodulares.							
12. Margas y yesos estratiformes.							
13. Calizas micríticas, calizas detríticas con estromatolitos y margas.							
14. Arcillas rojizas, paleocanales de areniscas, margas y tablas de calizas.							
15. Calizas micríticas y margas.							

Fig. 1. Cuadro sintético de los materiales miocenos de la hoja de Lanaja

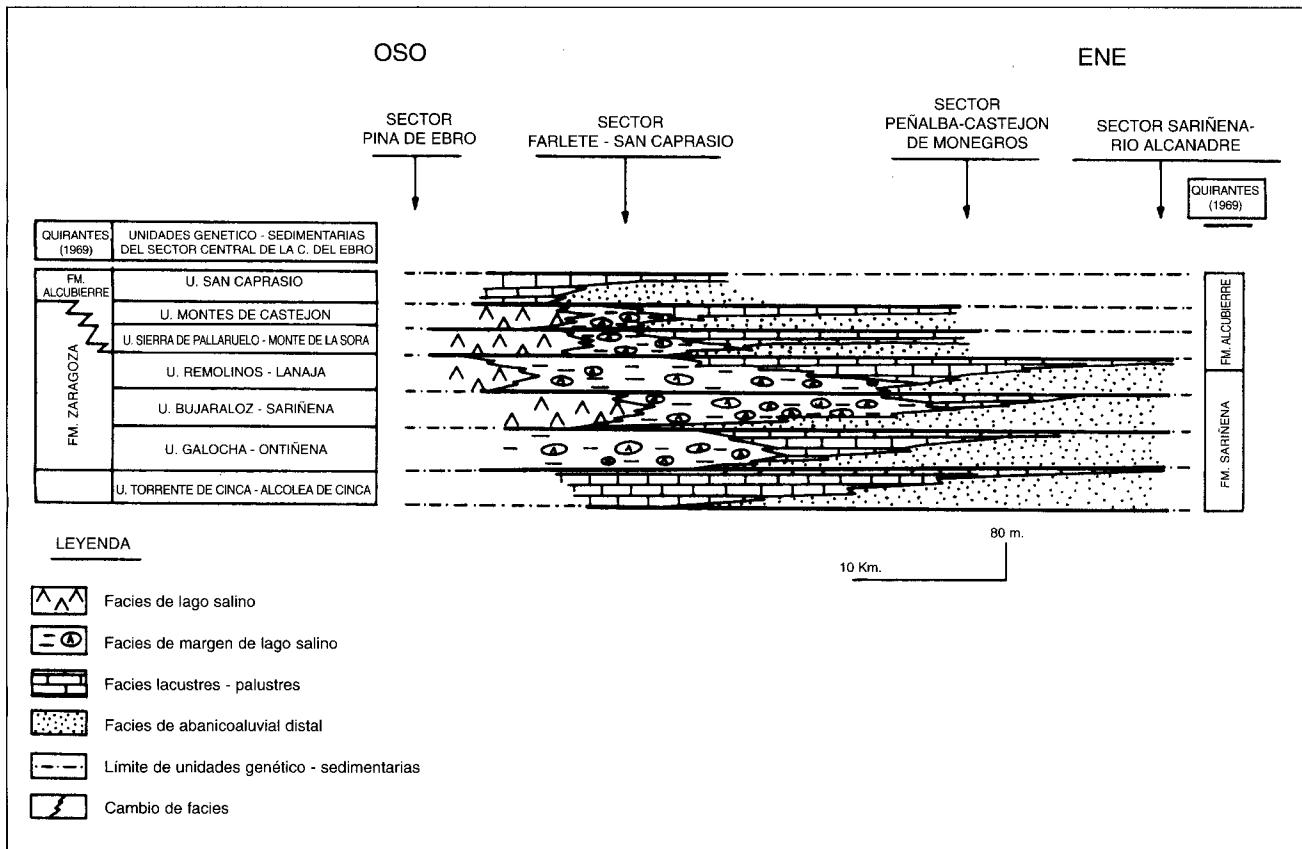


Fig. 2. Modelo secuencial de las unidades genético-sedimentarias del sector de Los Monegros

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
ARAGONIENSE	VALLESIENSE	MN-10 MN-9 MN-8 MN-7 MN-6 MN-5 MN-4b MN-4a MN-3b MN-3a	N3	U. SAN CAPRASIO	Puig Ladrón Casero 1 Santa Quiteria Marga 3	- Monegrillo (1)
				U. SIERRA DE LANAJA-MONTES DE CASTEJON		
				U. SIERRA DE PALLA RUELO-MONTE DE LA SORA		
				U. REMOLINOS-LANAJA		
				U. BUJARALOZ-SARIÑENA		
	AGENIENSE		N1	- Peñalba - Campos del Abuelo - Chalamera 1 - Ontírena 1 - Clara 1	- Tudela 1, 2 (4) - • Paridera del Cura (2) • Mas de Santiguet (2) - • Galocha 1,3 • San Juan - Autol, Santa Cilia (3)	
				U. GALOCHA-ONTIÑENA		
				U. TORRENTE DE CINCA-ALCOLEA DE CINCA		

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

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

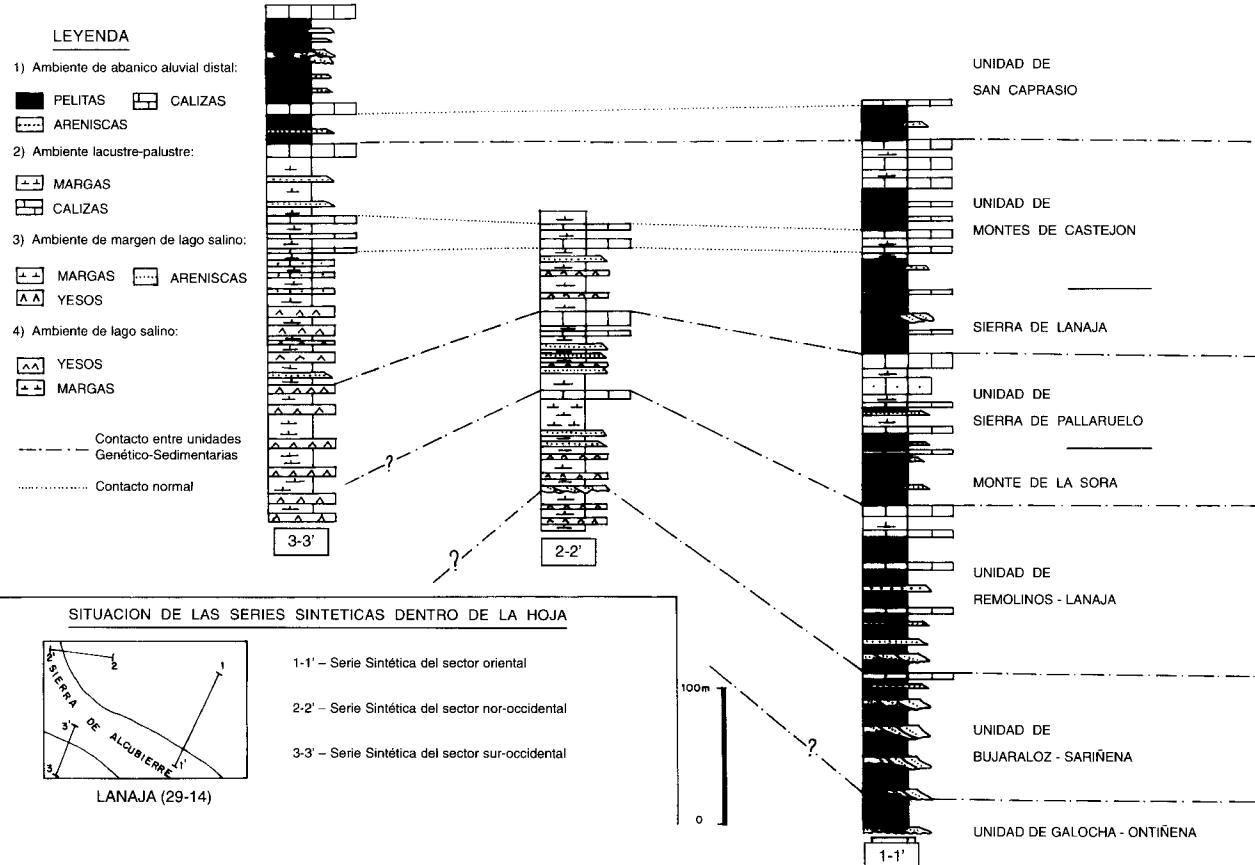


Fig. 4. Columnas sintéticas de las unidades genético-sedimentarias y de sus facies, en la hoja de Lanaja

territorio ubicado en la zona central de la hoja de Bujaraloz (414), en la parte septentrional de la hoja de Gelsa (413) y en la parte meridional de la hoja de Castejón de Monegros (385), pasan progresivamente a facies evaporíticas (Fig. 5).

También ha sido cartografiada en las hojas de Fustiñana (283), de Ejea de los Caballeros (284), de Almudevar (285) y de Zuera (323), donde presenta una distribución vertical de facies similar a la descrita en los párrafos anteriores y en donde las facies aluviales que constituyen la unidad, forman parte del Sistema de Luna (*sensu* HIRST y NICHOLS, 1986) (ver Figura 5).

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

En la zona cartografiada, los materiales terrígenos que constituyen esta unidad, forman parte de la Formación Sariñena (QUIRANTES, 1969).

Esta unidad genético-sedimentaria, dentro del área de estudio, presenta una única unidad cartográfica.

1.1.1.1. Arcillas y paleocanales de arenisca (1). (Ageniense)

Los materiales pertenecientes a esta unidad cartográfica, afloran en la parte nororiental del territorio comprendido en la hoja, en las inmediaciones del cauce del Río Flumen, donde presentan una potencia de unos 25-30 m.

Consisten en una alternancia de areniscas y de arcillas de color pardo-rojizas. Cabe señalar, que en la parte superior de la serie, predominan los materiales pelíticos. Las areniscas se organizan en bancos con un espesor que oscila entre los 0,5 y los 3 m. Estos presentan bases erosivas, estructuras de reactivación internas y acreciones laterales. Se organizan en ciclos estrato y grano decrecientes. Así mismo, en los tramos arcillosos existen intercalaciones de capas areniscosas tabulares las cuales, ocasionalmente, presentan laminación paralela y ripples. Las pelitas, a menudo poseen marmorizaciones.

Petrográficamente las areniscas corresponden a litarenitas con cemento calcítico. En éstas, predominan los granos de caliza (26%) y los de cuarzo (20%).

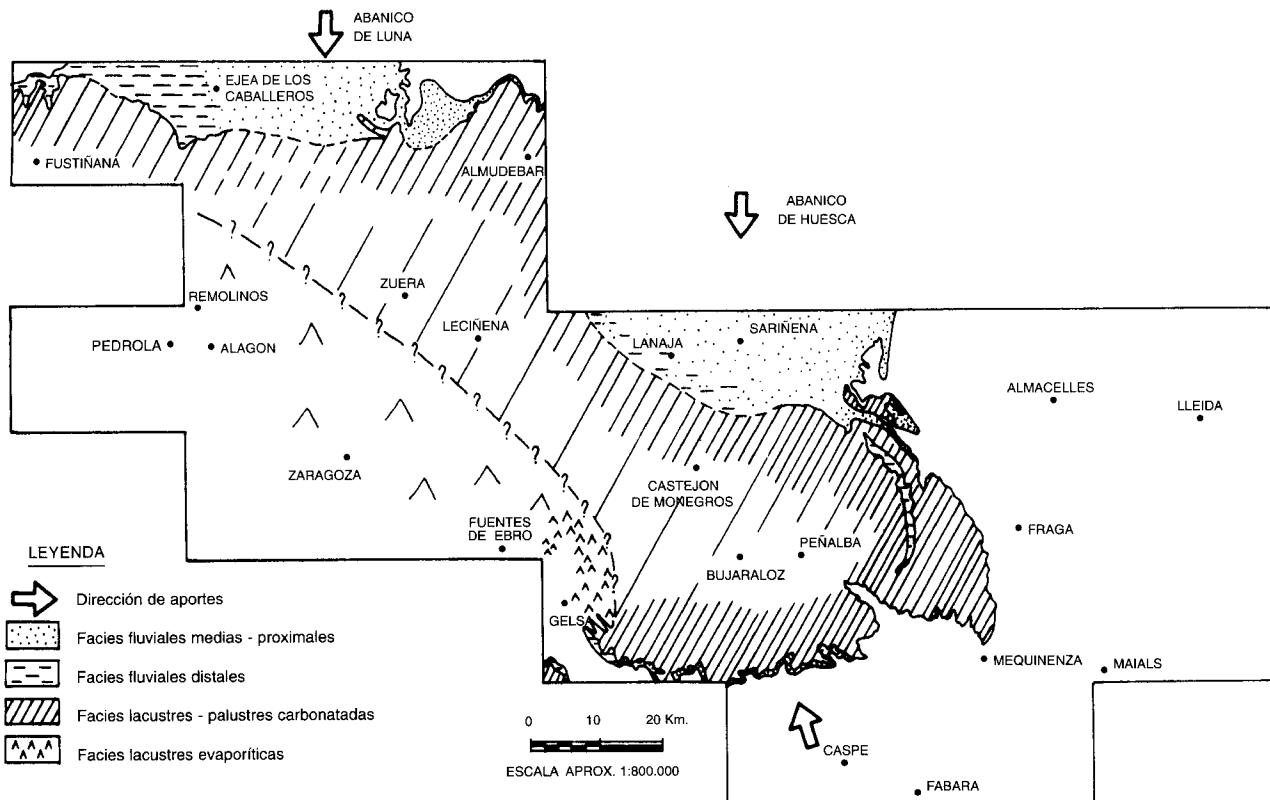


Fig. 5. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Galocha-Ontiñena

Los bancos de arenisca, representan el relleno de paleocanales de ríos meandriformes, mientras que tanto las areniscas tabulares, como las arcillas, en conjunto representan las facies de llanura de inundación (Fig. 11 a y 11 b).

Ya que estos materiales constituyen la parte superior de la Unidad Galocha-Ontiñena, por las consideraciones realizadas en el capítulo anterior, le atribuimos una edad correspondiente al Ageniense terminal.

1.1.2. **Unidad Bujaraloz-Sariñena**

Dentro del área cartografiada, esta unidad aflora extensamente en la mitad oriental del territorio, así como también en casi toda la franja septentrional. Se halla bien representada en las cercanías de La Cartuja de Monegros, así como también en las inmediaciones de San Juan de Flumen y de Orillena.

Dentro del área de estudio, la base de la unidad, aflora únicamente en el sector oriental. Tanto en este sector, como en el septentrional, está constituida por una alternancia de arcillas pardo-rojizas, de paleocanales de arenisca y, localmente, de capas de caliza que, en conjunto, representan facies de abanico aluvial distal (Fig 4). En el área sur-oriental, estos materiales están coronados por niveles carbonáticos, de origen lacustre-palustre. Hacia el sector nor-occidental, tanto en un sentido SE-NO, como en un sentido N-S, estos materiales pasan progresivamente a margas con nódulos de yeso, de margen de lago salino.

La potencia de la Unidad Bujaraloz-Sariñena dentro del territorio, comprendido en la hoja, es de difícil evaluación, ya que aflora en un área de gran extensión, hecho que impide la realización de una sola serie estratigráfica, que abarque a toda la unidad. No obstante, ha sido medida, parcialmente, en la sección de La Cartuja (04), donde posee unos 50 m de potencia y por consideraciones cartográficas, creemos que su potencia total es del orden de 120 m.

El límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria, se pone de manifiesto a través del contacto existente entre las facies fundamentalmente pelíticas, que caracterizan la parte superior de la Unidad Galocha-Ontiñena y las facies terrígenas, con abundantes paleocanales de arenisca. A través de la realización de los mapas, de gran parte del sector central de la Depresión del Ebro, hemos constatado que este contacto tiene una relevancia, a nivel de toda la cuenca y, por lo tanto, refleja la existencia de una reactivación de los sistemas deposicionales aluviales, durante el periodo en el cual, tuvo lugar la sedimentación de la parte basal de esta unidad.

En la parte central de la Cuenca del Ebro la Unidad Bujaraloz-Sariñena ha sido caracterizada en las hojas de Sariñena (357), de Peñalba (386) y de la presente hoja, donde presenta, en la base, facies fluvio-aluviales, procedentes del Pirineo, que forman parte del Sistema de Huesca, definido por HIRST y NICHOLS (1986) y, en el techo, facies carbonáticas de origen lacustre-palustre (HERNANDEZ et al., 1991) (ver Fig. 6). Estas facies, hacia las áreas comprendidas en las hojas de Zuera (323) y Almudevar (285) y en las de Castejón de Monegros (385), Bujaraloz (414) y Gelsa (413), situadas respecto a las anteriores, hacia el noroeste y hacia el suroeste, pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y a facies de

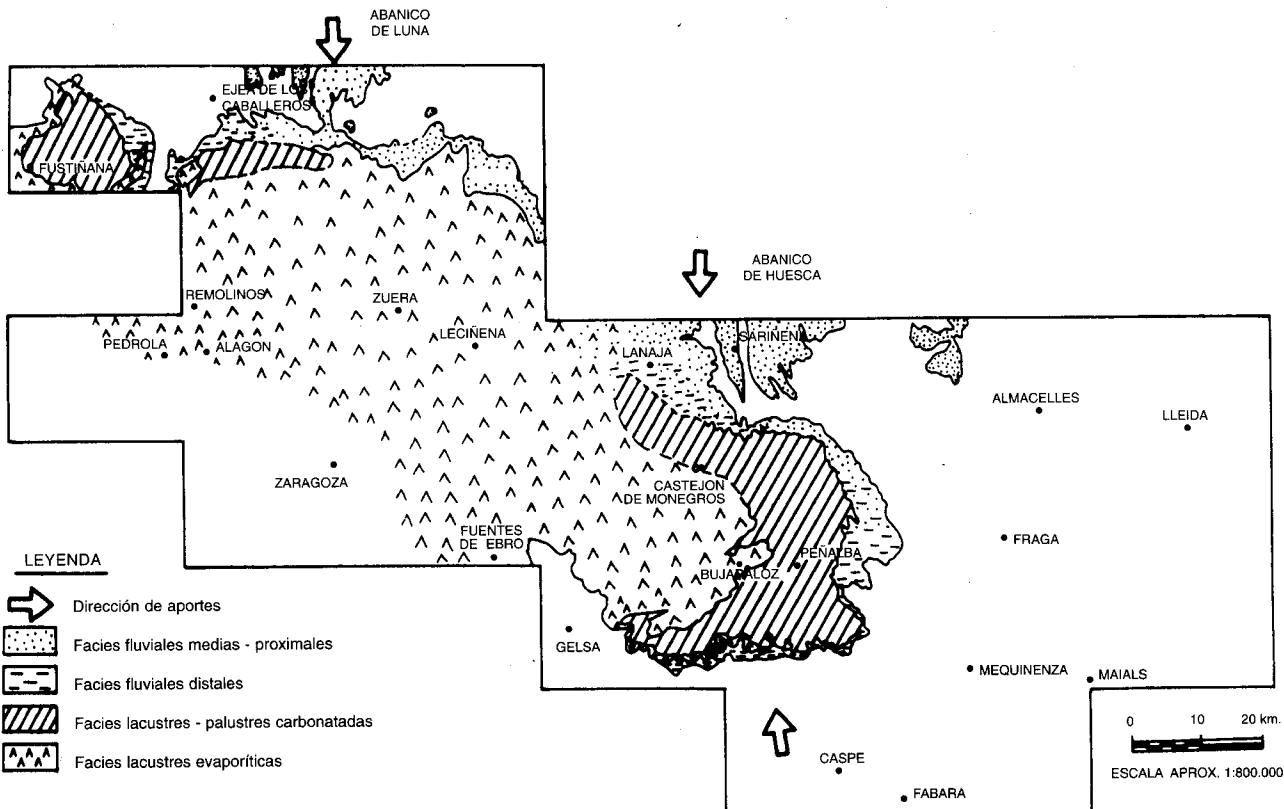


Fig. 6. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Bujaraloz-Sariñena

lago salino (HERNANDEZ et al., 1991) (Fig. 6). También ha sido caracterizada en los sectores de Fustiñana (283), Ejea de los Caballeros (284) y Remolinos (322), 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., 1991) (ver Fig. 6).

Según los estudios paleontológicos, realizados en la vecina hoja de Peñalba (386) por AZANZA, et al. (1988) y por CUENCA et al. (1989), la parte inferior de esta unidad posee una edad correspondiente al Ageniense mientras que su parte superior, corresponde ya al Aragoniense. Estos autores, identifican *Ritteneria manca* en las calizas de Valdeladrones (ver hojas de Peñalba y de Bujaraloz), las cuales se sitúan 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. Sariñena, definida por QUIRANTES (1969) (Fig. 1).

En la cartografía, hemos diferenciado las siguientes unidades cartográficas, correspondientes a esta unidad genético-sedimentaria:

1.1.2.1. *Paleocanales de areniscas y arcillas, localmente niveles de calizas micríticas (2). (Ageniense-Aragoníense)*

Aflora en todo el sector oriental de la zona, desde el Barranco de Los Lobos, situado en el sureste, hasta el Barranco de Valpodrida, situado en el N-NE. También aflora en una estrecha franja del sector septentrional, desde el barranco de Valpodrida, hasta el paraje del Abejar, situado en el N-NO.

Su descripción se basa en la serie de La Cartuja (04), donde posee una potencia parcial de 50 m. Consiste en una alternancia de arcillas rojizas y areniscas. Las arcillas, a menudo, presentan señales de edafización. Entre ellas se intercalan pequeñas tablas de calizas micríticas, el poco espesor de las cuales no permite su cartografía a escala 1:50.000. En los alrededores del pueblo de Lanaja, en la parte superior de esta unidad, se desarrolla un nivel vulcanosedimentario, de unos 10 cm de espesor.

Las areniscas se presentan o bien en cuerpos tabulares, de gran continuidad lateral, o bien cuerpos canalizados, de escasa continuidad. Son areniscas micáceas y están muy poco cementadas. Los cuerpos tabulares, consisten en capas planoparalelas de grano fino y de un espesor máximo de 30 cm; suelen estar bioturbadas y alguna de ellas presenta ripples de corriente en su techo. Los cuerpos canaliformes tienen la base erosiva y su granulometría oscila entre la arena de grano medio y la de grano fino. Suelen poseer superficies de acreción lateral que individualizan diferentes cosets de láminas. Dentro de cada coset existe una gradación de estructuras sedimentarias, desde la parte inferior a la superior; éstas son: estratificación cruzada planar (ocasionalmente se observa estratificación

cruzada en surco), ripples de corriente y, a menudo, ripples ascendentes. Dentro de los cuerpos canalizados, existen estructuras de reactivación que erosionan a las superficies de acreción.

Las paleocorrientes medidas en dichos paleocanales dan un sentido de aporte que oscila entre N240 y N260.

Al microscopio, las areniscas se presentan como litarenitas con granos de caliza, de cuarzo y, a menudo, contienen yeso.

Por lo que se refiere al nivel vulcano-sedimentario, petrográficamente está compuesto por piroclastos y por una matriz cinerítica. El 8% de los piroclastos son cristales, el 1% son fragmentos de roca y el 55% son vidrios. La mitad de los cristales son de cuarzo y el resto son de plagioclásas idiomorfas y, como accesorios, de cristales de clinopiroxeno y de círcón. La mayoría de los fragmentos de roca, presentan una composición de carbonatos micríticos. El vidrio, se presenta desvitrificado en un 20% (el 80% permanece isótropo) a calcedonia y minerales de arcilla. Se puede clasificar como una vitro-toba y su mecanismo deposicional, podría ser ignimbótico.

La tablas de caliza corresponden a biomicritas con un 2% de cuarzo. Su contenido paleontológico consiste en ostrácodos, como *Elkocythereis* sp. (sp. I. RAMIREZ), en caráceas y en restos de moluscos.

Las facies canalizadas, representan depósitos de barras de meandro, en donde las superficies de reactivación, individualizan a diferentes scroll bars (Fig. 11 a). Por otro lado, las areniscas tabulares y las arcillas, representan las facies de desbordamiento de dichos paleocanales (Fig. 11 b).

La edad de esta unidad, está comprendida entre la parte superior del Ageniense y la parte inferior del Aragoniense, ya que constituye a casi toda la Unidad Bujaraloz-Sariñena, exceptuando su parte superior.

1.1.2.2. Calizas micríticas, margas y arcillas (3). (Ageniense)

Aflora en el sector sur-oriental del territorio y, también, en las inmediaciones del pueblo de Lanaja. Estratigráficamente, suprayace a la unidad cartográfica descrita en el apartado anterior.

Consiste en una alternancia de capas calcáreas, de margas grises y de arcillas rojizas. Las tablas de caliza poseen un espesor máximo de 30-40 cm. Su considerable continuidad lateral ha permitido su diferenciación cartográfica. Son calizas micríticas con una gran contenido en materia orgánica y en elementos organogénos. Las arcillas, a menudo presentan señales de edafización y marmorizaciones.

Petrográficamente corresponden a biomicritas con un 2-4% en cuarzo. Contienen restos de ostrácodos y de caráceas.

Según estas características fueron depositadas en un ambiente lacustre-palustre carbonatado (Fig. 11 c).

Les asignamos una edad Aragoniense, puesto que se sitúan estratigráficamente, en la parte superior de la Unidad Bujaraloz-Sariñena.

1.1.2.3. *Margas con nódulos de yeso (4). (Ageniense-Aragoniente)*

Aflora en el sector nor-occidental del territorio, al este de la población de Alcubierre. Su potencia es de difícil evaluación, ya que su área de afloramiento se sitúa en una zona topocimiento, se ha realizado de forma puntual, en los pocos lugares donde aflora.

Es una unidad predominantemente margosa, en la que se intercalan nódulos de yeso, ya individualizados, ya formando niveles. Ocasionalmente, se intercalan capas centimétricas de cal-siltitas. Estas facies, pasan transicionalmente, hacia el norte y hacia el este, a los paleocales y arcillas que constituyen la unidad cartográfica (2), anteriormente descrita y, hacia el este, pasan también a los materiales carbonáticos, de origen lacustre-palustre, que constituyen la unidad (3).

Según la descripción efectuada, estos materiales fueron depositados en un ambiente deposicional de margen de lago salino (Fig. 11 f-a).

Dentro de la zona cartografiada, tanto la parte intermedia, como la parte superior de la Unidad Bujaraloz-Sariñena, está constituida, en el sector nor-occidental, por este tipo de facies. Por consiguiente, por las consideraciones realizadas en los apartados anteriores, le asignamos una edad comprendida entre la parte superior del Ageniense y la parte basal del Aragoniente.

1.1.3. **Unidad Remolinos-Lanaja**

En la hoja de Lanaja, aflora de forma continua, desde la parte sur-oriental del territorio hasta el sector nor-occidental, aproximadamente en la diagonal que divide la zona comprendida en la hoja. También aflora en el extremo sur-occidental de la hoja, en las inmediaciones de Farlete.

A grandes rasgos, podemos precisar que, en esta hoja, la unidad Remolinos-Lanaja está constituida por cuatro tipos de litofacies diferentes. En la parte sur-oriental de la zona, su parte basal y media está formada por una alternancia de arcillas rojizas y de capas calcáreas; entre las arcillas, ocasionalmente se intercalan paleocanales de arenisca. En los sectores central y nor-occidental, tanto su base como su parte intermedia, está constituida por marcas yesíferas, en las que se intercalan paleocanales de arenisca. A lo largo de este área, la parte superior de la unidad, está constituida por materiales margo-carbonáticos de origen como en el nor-occidental.

Por el contrario en el extremo suroeste de la zona, al sur de la Sierra de Alcubierre, la Unidad Remolinos-Lanaja, está formada por materiales yesíferos. Estos yesos en su mayoría corresponden a la suprayacente unidad de Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora. Debido a la mala calidad de afloramientos existente en este sector del área cartografiada, los materiales evapóriticos pertenecientes a ámbas unidades, se han cartografiado como una única unidad comprensiva.

La potencia parcial de la unidad, se ha evaluado y representado en las series de Alcubierre (03), donde posee 45 m, de Lanaja (05), donde se han medido 35 m y de La Mascarata (06), donde se ha estimado en 25 m. Su potencia total, no se ha podido medir en una sola serie, ya que esta unidad aflora en un área muy extensa y, a la vez, muy recubierta por materiales de edad cuaternaria. No obstante, por razones cartográficas, creemos que la potencia de la unidad, en el sector sur-oriental, es del orden de 130 m y, en el nor-occidental, es del orden de 70 m. Existe pues, una progresiva reducción de potencia desde la parte sureste hasta la parte noroeste, del área cartografiada.

El contacto con la unidad infrayacente, descrita en el apartado anterior, en el área sur-oriental de la zona, se realiza a través de un cambio brusco de facies existente, 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 Bujaraloz-Sariñena (unidad cartográfica 3). En cambio en el sector nor-occidental, existe un cambio brusco de facies entre las facies terri-génas y yesíferas, que caracterizan la base de la unidad Remolinos-Lanaja y las facies margo-yesíferas, que forman el techo de la unidad genético-sedimentaria infrayacente. Durante la elaboración del proyecto, hemos constatado que este límite, tiene un reflejo sedimentario, a lo largo de toda la parte central de la Cuenca del Ebro y que representa un nuevo periodo de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales.

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la Unidad Remolinos-Lanaja se ha caracterizado en las hojas de Sariñena (357), Peñalba (386), Castejón de Monegros (385), también Leciñena (355). A grandes rasgos, en la parte oriental del sector comprendido en estas hojas, la base de la Unidad Remolinos-Lanaja, está constituida por facies aluviales distales y por facies de orla de abanico, mientras que su parte superior, está constituida por facies margo-carbonáticas de origen lacustre-palustre (ver Fig. 7). Los materiales aluviales, en esta zona forman parte del abanico de Huesca (*sensu* HIRST y NICHOLS, 1986). Hacia la parte occidental de este sector de la cuenca, estas facies pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig 7).

También ha sido cartografiada en el sector nor-occidental de la parte central de la Cuenca del Ebro, concretamente en las hojas de Fustiñana (283), Ejea de los Caballeros (284), Almudevar (285), Remolinos (322) y Zuera (323). En el área septentrional de este sector de la cuenca, la base de la unidad está formada por materiales aluviales distales, ya de procedencia pirenaica (del Sistema de Luna, definido por HIRST y NICHOLS, 1986), ya de procedencia ibérica. Por el contrario su techo, está formado por facies margo-carbonáticas de origen lacustre-palustre (Fig 7). Hacia la parte meridional de este mismo sector, estas facies pasan a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig. 7).

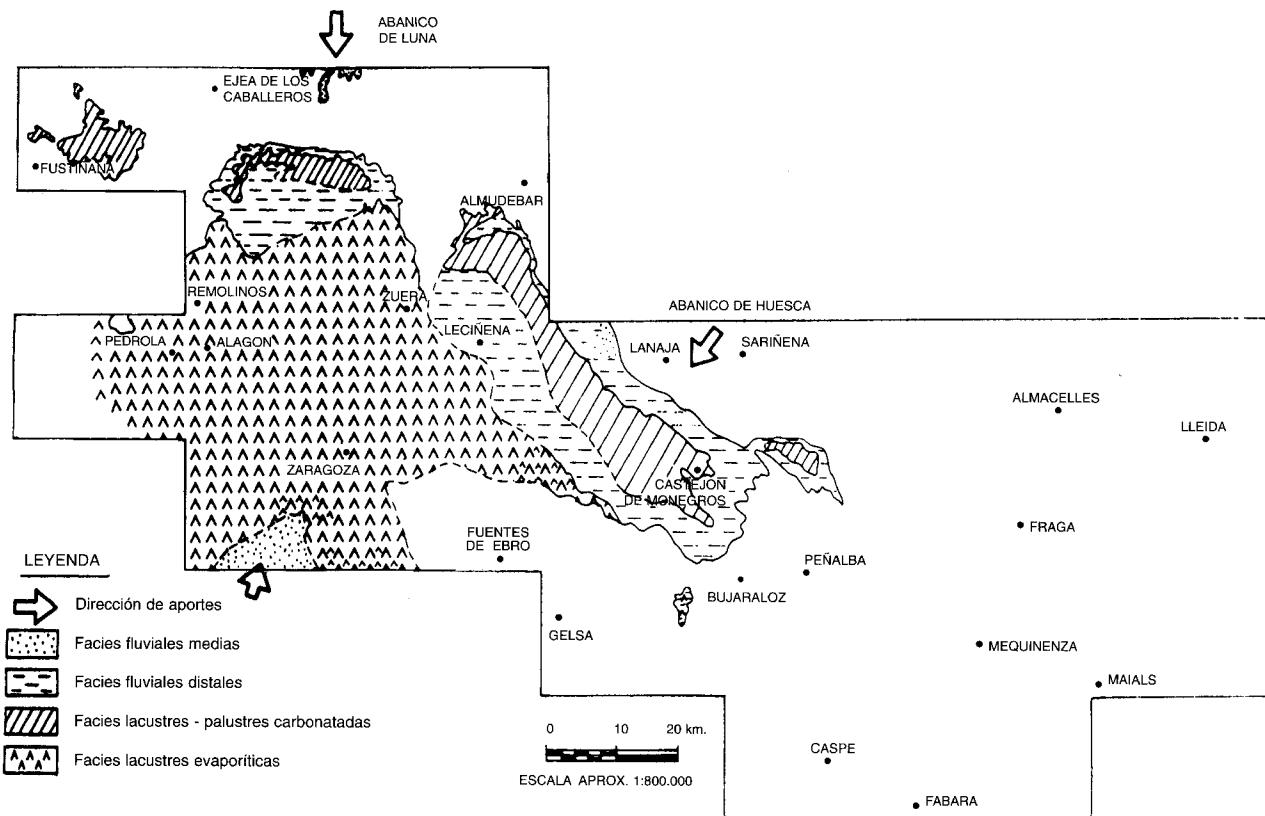


Fig. 7. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Remolinos-Lanaja

En los materiales que forman esta unidad genético-sedimentaria, no se han encontrado yacimientos de microvertebrados que hayan permitido datarla. Sin embargo, dentro del territorio comprendido en la hoja, se ha podido atribuir al Aragoniense medio-superior, a la Unidad montes de Castejón - Sierra de Lanaja. Teniendo en cuenta que esta unidad, presenta una posición estratigráfica bastante más alta, que la de la Unidad Remolinos - Lanaja y que, la parte media de la Unidad Bujaraloz - Sariñena, corresponde a la parte inferior del Aragoniense, podemos atribuir una edad correspondiente al Aragoniense medio, a la unidad en cuestión.

Los materiales terrígenos, de origen aluvial, que constituyen esta unidad, forman parte de la formación Sariñena (QUIRANTES, 1969), mientras que los carbonatados, de origen lacustre-palustre, forman parte de la Formación Alcubierre (QUIRANTES, 1969). Finalmente los materiales margo-yesíferos, de margen de lago salino y de lago salino, forman parte de la Formación Zaragoza (QUIRANTES, 1969) (Fig. 1).

De esta unidad genético-sedimentaria, hemos diferenciado las siguientes unidades cartográficas:

1.1.3.1. *Arcillas, areniscas en paleocanales y en capas tabulares, localmente con nódulos de yeso y calizas (5). (Aragoniente)*

Esta unidad aflora al norte de la Sierra de Alcubierre, de forma paralela a la dirección de la misma (NO-SE). En el sector sur-oriental, su potencia es del orden de unos 100 m y, hacia el sector nor-occidental, se va acuñando progresivamente, hasta llegar a desaparecer en las inmediaciones del Barranco de San Caprasio, cerca del Saso de la Peña. Esta progresiva reducción de potencia, se debe a que esta unidad, hacia el sector nor-occidental, va pasando paulatinamente a las facies que presentan los materiales que constituyen la unidad cartográfica (6).

Consiste en una alternancia de arcillas rojizas, de areniscas y de tablas de caliza. En la zona de la cantera del Tejar, en la base de la unidad, se desarrollan bancos de arenisca de hasta 2 m de espesor. Presentan superficies de reactivación, que individualizan cuerpos que contienen superficies de acreción lateral. La mayoría de las areniscas que caracterizan esta unidad, a lo largo de todo el sector donde aflora, son planoparalelas, de considerable continuidad lateral, a menudo, poseen laminaciones paralelas y ripples de corriente. Las arcillas son rojizas y, frecuentemente, presentan señales de bioturbación y marmorizaciones. Las calizas son micríticas y contienen restos de caráceas, poseen un espesor máximo de 1 m.

Al microscopio, las areniscas corresponden a litarenitas, con predominancia de fragmentos de caliza y de cuarzo. Su matriz es calcítica.

Por su parte las calizas son biomicritas, que contienen restos de ostrácodos y de caráceas (oogonios y tallos).

Según las características expuestas, esta unidad presenta una asociación de facies de orla de abanico. Los bancos de arenisca, corresponden a depósitos de barras de meandro, mientras que las arcillas y las areniscas tabulares, corresponden a facies de llanura de inundación

(Fig. 11 b). Por otro lado las calizas, probablemente fueron depositadas en momentos de expansión lacustre-palustre.

La edad de esta unidad, es Aragoniense, puesto que constituye a la Unidad genético-sedimentaria de Remolinos-Lanaja.

1.1.3.2. *Margas, yesos nodulares, areniscas y calcisilititas (6). (Aragoniente)*

Esta unidad, aflora desde la parte central de la zona cartografiada, desde las inmediaciones del Cerro de La Mascarata, hasta el sector nor-occidental, hasta el paraje de Valdesárticas.

Su potencia, se ha evaluado de forma parcial en las secciones de Alcubierre (03) (30 m), de Lanaja (05) (35 m) y de La Mascarata (06) (25 m).

Como se ha dicho en el apartado anterior, esta unidad cartográfica representa un cambio lateral de facies de la unidad cartográfica (5). Las facies aluviales que se desarrollan en los cerros que bordean el pueblo de Lanaja y, también, en el cerro de La Mascarata, se han integrado dentro de esta unidad cartográfica, formada básicamente por facies de margen de lago salino. Este hecho se debe a que estas facies aluviales, poseen un área de afloramiento reducida y, rápidamente, pasan a las facies que constituyen esta unidad.

En la zona de Lanaja y de La Mascarata, está constituida por arcillas rojizas, que a menudo contienen nódulos de yeso, en las que se intercalan capas de arenisca y tablas calcáreas. Las areniscas se organizan en bancos con un espesor que oscila entre 0.5 m y 6 m. Presentan superficies de reactivación, las cuales individualizan superficies de acreción lateral, en las que interiormente se desarrollan sets y cosets de láminas con estratificación cruzada en surco, estratificación cruzada planar y ripples. También se intercalan niveles tabulares de arenisca, los cuales, se hallan bioturbados. Los niveles calcáreos son micríticos y poseen un cierto contenido orgánico.

Hacia el noroeste, en las cercanías del pueblo de Alcubierre, esta unidad está constituida principalmente por margas, con abundante yeso de tipo nodular. En todo el tramo se intercalan, capas planoparalelas de arenisca, de grano fino, cuyo espesor oscila entre los 5 y los 20 cm, presentan granoclasicación positiva y muestran ripples de corriente y ripples de oscilación. Existen algunas intercalaciones de arenisca de hasta 1,5 m de espesor, que tienen escasa continuidad lateral y superficies de acreción lateral;

Al microscopio, las areniscas corresponden a litarenitas con predominancia de fragmentos de caliza y de cuarzo. Su matriz es calcítica y presentan un cierto contenido en yeso detrítico. Los nódulos de yeso, son de yeso secundario, de textura alabastrina. Por su parte las calizas, corresponden a biomicritas con escasos restos de ostrácodos y de caráceas.

Los bancos de arenisca descritos, corresponden al relleno de paleocanales de tipo meandri-forme (Fig. 11 a). El conjunto de esta unidad, presenta una asociación de facies de transición entre abanico aluvial distal y margen de lago salino (Fig. 11 f-a).

El contenido plaeontológico de la unidad se basa en restos de ostrácodos, como *Cypridopsis kinkelini*, LIENENKL, y de carófitas, como *Sphaerochara* aff. *helvetica* (AL. BRAUN EX UNGER).

La edad de esta unidad cartográfica, es Aragoniense, ya que constituye la parte inferior y media de la Unidad Remolinos-Lanaja.

1.1.3.3. *Yesos tabulares y nodulares, alternando con margas (7). (Aragoniente)*

La extensión espacial de esta unidad cartográfica, se reduce al extremo sur-occidental del área cartografiada, en las inmediaciones del pueblo de Farlete.

Como se ha comentado anteriormente, esta unidad, fundamentalmente evaporítica, forma parte tanto de la Unidad Remolinos-Lanaja, como de la suprayacente Unidad de Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora. La mala calidad de afloramiento, que existe en este área, ha impedido, tanto la diferenciación de los yesos pertenecientes a cada una de las dos unidades, como la evaluación de la potencia total de la unidad. No obstante, esta es del orden de los 100 m.

Consiste en una alternancia de niveles de yeso y de margas. Las margas contienen abundantes nódulos de yeso. Los niveles de yeso, son tabulares y, ocasionalmente, están constituidos por la unión de nódulos de yeso.

Corresponden a facies de tránsito entre facies de margen de lago salino y facies de lago salino (Fig. 11 f-a).

Dado que constituye a las unidades de Remolinos-Lanaja y de Sierra de Pallaruelo-Monte de La Sora, posee una edad Aragoniense.

1.1.3.4. *Alternancia de calizas y margas. Ocasionalmente arcillas rojizas y capas tabulares de arenisca (8). (Aragoniente)*

Al norte de la Sierra de Alcubierre, afloran continuamente desde el extremo nor-occidental hasta el extremo sur-oriental del territorio que comprende la hoja.

Su potencia total, se ha evaluado en la sección de Alcubierre (03), donde es de unos 20 m.

Consiste en una alternancia de margas, de arcillas rojizas y de tablas de caliza. Las calizas son micríticas y contienen restos organógenos, poseen un espesor máximo de 1 m. Las arcillas son rojizas y, a menudo, presentan señales de bioturbación y marmorizaciones. En el sector nor-occidental, esta unidad está constituida por dos tramos predominantemente carbonáticos, separados por un tramo pelítico-rojizo.

Petrográficamente, las calizas son biomicritas con restos de ostrácodos y de oogonios y fragmentos de caráceas.

Según estas características, la unidad se depositó en un ambiente deposicional lacustre-palustre (Fig. 11 d).

Dado que esta unidad constituye la parte superior de la Unidad Remolinos-Lanaja, le atribuimos una edad correspondiente al Aragoniense.

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

En la zona cartografiada, esta unidad aflora desde la parte nor-occidental, hasta la parte sur-oriental del territorio, siguiendo la dirección de la Sierra de Alcubierre (NO-SE) y, tanto en el flanco septentrional, como en el meridional de la misma.

Dentro del área de estudio, la base de la unidad está constituida por una alternancia de margas y de capas de caliza, entre las cuales, de forma ocasional, se desarrollan niveles arenosos y, su techo, por un extenso nivel carbonático, que aflora, de forma continua, en casi todo el territorio comprendido en la hoja. En el extremo sur-occidental de la zona, está constituida por materiales margo-evaporíticos que, como se ha comentado anteriormente, también forman parte de la unidad genético-sedimentaria infrayacente.

La potencia de la Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de La Sora se ha medido, de forma parcial, en la serie de La Manadilla (02), donde se han evaluado unos 75 m y, totalmente, en la serie de Alcubierre (03), donde es de unos 60 m. De este hecho se deduce que, igualmente que la Unidad Remolinos-Lanaja, esta unidad efectúa una progresiva reducción de potencia, desde el sector sur-oriental, hasta el nor-oriental.

El límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria, se pone de manifiesto a través del contacto existente entre las facies carbonáticas, de origen lacustre-palustre, que caracterizan la parte superior de la Unidad Remolinos-Lanaja y las facies margo-terrígenas, de orla de abanico, que constituyen la base de esta unidad. Durante la elaboración del proyecto, hemos constatado que este límite, tiene un reflejo sedimentario, a lo largo de toda la parte central de la Cuenca del Ebro y que representa un nuevo periodo de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales.

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora se ha caracterizado también en las hojas de Zuera (323) Leciñena (355), Castejón de Monegros (385). A grandes rasgos, en la parte oriental del sector comprendido en estas hojas, la base de esta unidad, está constituida por facies aluviales distales y por facies de orla de abanico, mientras que su parte superior, está constituida por facies margo-carbonáticas de origen lacustre-palustre (ver Fig. 8). Cabe señalar que los materiales aluviales, en esta zona, tendrían una procedencia pirenaica. Hacia la parte occidental de este sector de la cuenca, estas facies pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig 8).

También ha sido cartografiada en el sector nor-occidental de la parte central de la Cuenca del Ebro, concretamente en las hojas de Fustiñana (283), Ejea de los Caballeros (284) y

Remolinos (322). En el área septentrional de este sector de la cuenca, la base de la unidad está formada por materiales aluviales distales, ya de procedencia pirenaica, ya de procedencia ibérica. Por el contrario su techo, está formado por facies margo-carbonáticas de origen lacustre-palustre (Fig 8). Hacia la parte meridional de este mismo sector, estas facies pasan a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig. 8).

Igualmente que la Unidad Remolinos-Lanaja, la edad de esta unidad, queda incluida dentro del Aragoniense medio, ya que, dentro de la hoja, se ha podido atribuir a la suprayacente Unidad de Sierra de Lanaja-Montes de Castejón, al Aragoniense medio-superior.

Los materiales que configuran esta unidad, dentro del territorio estudiado, forman parte de la Fm. Alcubierre y de la Fm. Zaragoza, ámbas definidas por QUIRANTES (1969) (ver Fig. 1).

En la cartografía, se han diferenciado dos unidades cartográficas, correspondientes a esta unidad genético-sedimentaria. Los materiales evaporíticos, que constituyen esta unidad, en el cuadrante sur-occidental de la hoja, han sido descritos en la unidad cartográfica (7), puesto que también forman parte de la Unidad de Remolinos-Lanaja.

1.1.4.1. *Arcillas ocres y margas con areniscas y calizas localmente con nódulo de yeso (9). (Aragoníense)*

Estos materiales afloran tanto en el flanco septentrional como en el meridional de la Sierra de Alcubierre, siguiendo la dirección de la misma (NO-SE). En este último sector, pasa transicionalmente a las facies evaporíticas que constituyen la unidad cartográfica (7).

Su potencia, se ha medido, parcialmente, en la serie de La Manadilla (02), donde es de 50 m y, totalmente, en la serie de Alcubierre (03), donde también es de 50 m.

En el sector sur-oriental, es predominantemente lutítica, pero existen intercalaciones de capas de arenisca de grano muy fino y de niveles calcáreos. Las areniscas son de espesor centimétrico, planoparalelas y, ocasionalmente, presentan estratificación flaser, estratificación linsen y co-ripples. Las lutitas son de coloración ocre y grisácea, a menudo contienen señales de edaffificación. El espesor de los niveles calcáreos, llega a ser de orden métrico. Son calizas micríticas, las cuales poseen un importante contenido en restos organógenos y en materia orgánica. También presentan señales de bioturbación y, alguno de los niveles, presenta brechas de colapso.

En el sector nor-occidental del territorio, las intercalaciones de areniscas y de limos carbonatados, son más abundantes. Las areniscas presenta superficies de reactivación y, ocasionalmente, estratificación cruzada de tipo hummocky. Las capas calcáreas, suelen contener estromatolitos y nódulos de sílex. Las lutitas, a menudo presentan nódulos de yeso.

Petrográficamente las areniscas son litarenitas con gran contenido en yeso detrítico. Las calizas corresponden a biomicrítas y a intraesparitas. Poseen un abundante contenido de limo terrígeno. Contienen restos de ostrácodos, caráceas, moluscos, gasterópodos y algas cianofíceas.

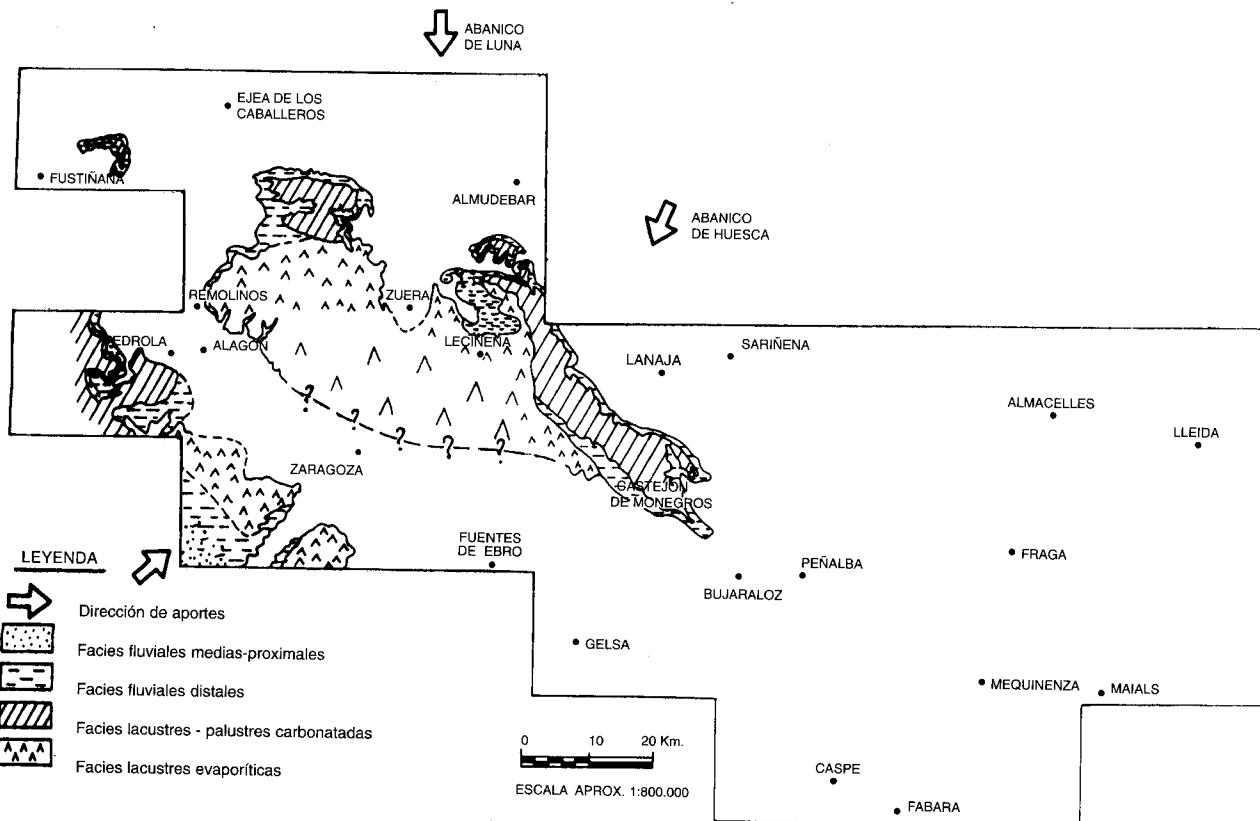


Fig. 8. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora

Según la descripción efectuada, podemos interpretar que esta unidad, en el sector sur-oriental, presenta una asociación de facies de orla de abanico o de abanico aluvial distal, con una importante influencia lacustre-palustre (Fig. 11 b). Por el contrario, en el sector nor-occidental, presenta facies de transición entre abanico aluvial distal y margen de lago salino (Fig. 11 f-a).

Dado que constituye la parte inferior de la Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de La Sora, su edad corresponde al Aragoniense.

1.1.4.2. *Calizas micríticas y detríticas con estromatolitos, alternando con margas (10). (Aragoniente)*

Estos materiales afloran dentro de un área idéntica, que la de los materiales anteriormente descritos, puesto que estratigráficamente se sitúan en la parte superior de los mismos.

El estudio de sus facies se ha hecho en base a los datos representados en las series de La Manadilla (02) y de Alcubierre (03). En ambos sectores, la unidad posee unos 10 m de potencia.

Consiste en una alternancia de margas y de calizas. Entre las margas existen algunas intercalaciones de capas areniscosas de grano muy fino, de espesor centimétrico y, a menudo, con laminación paralela. Las calizas son micríticas, ocasionalmente contienen granos de limo terrigeno. Presentan un gran contenido organógeno y, alguno de los niveles, presenta estromatolitos. Las calizas poseen estructuras tractivas y superficies de reactivación.

Al microscopio las calizas se pueden clasificar como biomicritas con restos de ostrácodos y de caráceas.

Según la descripción efectuada, corresponden a facies lacustre-palustres carbonáticas (Fig. 11 e).

Por las consideraciones realizadas en los apartados anteriores y, dado que esta unidad cartográfica constituye la parte superior de la Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de La Sora, le atribuimos una edad comprendida dentro del Aragoniense medio.

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

En la zona cartografiada, esta unidad aflora desde la parte centro-meridional, hasta la parte sur-occidental y nor-occidental del territorio, siguiendo la dirección de la Sierra de Alcubierre (NO-SE) y, tanto en el flanco septentrional, como en el meridional de la misma.

Dentro de la zona cartografiada, esta unidad está formada por dos tramos predominantemente lutíticos y por dos tramos carbonáticos. Estos últimos, se desarrollan hacia la parte superior de la unidad, constituyendo, el último de ellos, el techo de la misma. En el sector centro-meridional del territorio, la base de la unidad, representada por el primer tramo lutítico.

tico, está formada por facies aluviales distales, mientras que, en el sector nor-occidental, está formada por facies de margen de lago salino. Finalmente en el sector sur-occidental, está formada por facies de lago salino. La evolución de facies que efectua el segundo tramo lutí-
tico, se realiza de forma similar. Por el contrario, los dos tramos carbonáticos, dentro de la
zona, se desarrollan extensamente a lo largo de toda la Sierra de Alcubierre. Representan
etapas de sedimentación lacustre-palustre.

La potencia de la Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón, dentro del territorio, se ha
medido, de forma parcial, en las series de La Manadilla (02), donde se han evaluado unos
75 m y de Alcubierre (03), donde se han evaluado unos 80 m. Su potencia total, ha sido eva-
luada en la serie de San Caprasio (01), donde es de unos 170 m. A través de la cartografía,
se puede observar que esta unidad efectua un progresivo aumento de potencia, desde el
sector nor-occidental, hasta el sur-occidental.

El límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria, se pone de manifiesto a través del
contacto existente entre las facies carbonáticas, de origen lacustre-palustre, que caracterizan
la parte superior de la Unidad Remolinos-Lanaja y las facies margo-terrigenas, de abanico
aluvial distal y de margen de lago salino, que constituyen la base de esta unidad. Durante
elaboración del proyecto, hemos constatado que este límite, tiene un reflejo sedimenta-
rio, a lo largo de toda la parte central de la Cuenca del Ebro y que representa un nuevo perio-
do de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales.

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón, se
ha caracterizado también en las hojas de Zuera (323), Leciñena (355) y Castejón de
Monegros (385). A grandes rasgos, en la parte oriental del sector comprendido en estas
hojas, la base de esta unidad, está constituida por facies aluviales distales y por facies de orla
de abanico, mientras que su parte superior, está constituida por facies margo-carbonáticas
de origen lacustre-palustre (ver Fig. 9). Cabe señalar que los materiales aluviales, en esta
zona, tendrían una procedencia pirenaica. Hacia la parte occidental de este sector de la
cuenca, estas facies pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y de lago sali-
no (Fig 9).

También ha sido cartografiada en el sector nor-occidental de la parte central de la Cuenca
del Ebro, concretamente en las hojas de Fustiñana (283), Ejea de los Caballeros (284) y
Remolinos (322). En el área septentrional de este sector de la cuenca, la base de la unidad
está formada por facies de orla de abanico, mientras que su techo, está formado por facies
margo-carbonáticas de origen lacustre-palustre (Fig. 9). Hacia la parte sur-occidental de este
mismo sector, concretamente hacia la hoja de Pedrola (353), estas facies pasan a facies de
margen de lago salino y de lago salino (Fig. 9).

Por lo que se refiere a la posición cronoestratigráfica de esta unidad, el estudio paleontoló-
gico del yacimiento de Puigladrón, situado en la parte media de la misma, ha permitido aco-
tar su edad, entre el Mioceno medio y el Mioceno superior. Por otro lado, en el yacimiento
del Barranco de San Benito, también situado en la parte media-superior de la unidad, se han
estudiado restos de macromamíferos, que permiten atribuirle una edad comprendida entre
el Aragoniense medio y el superior (B. AZANZA, com. pers.).

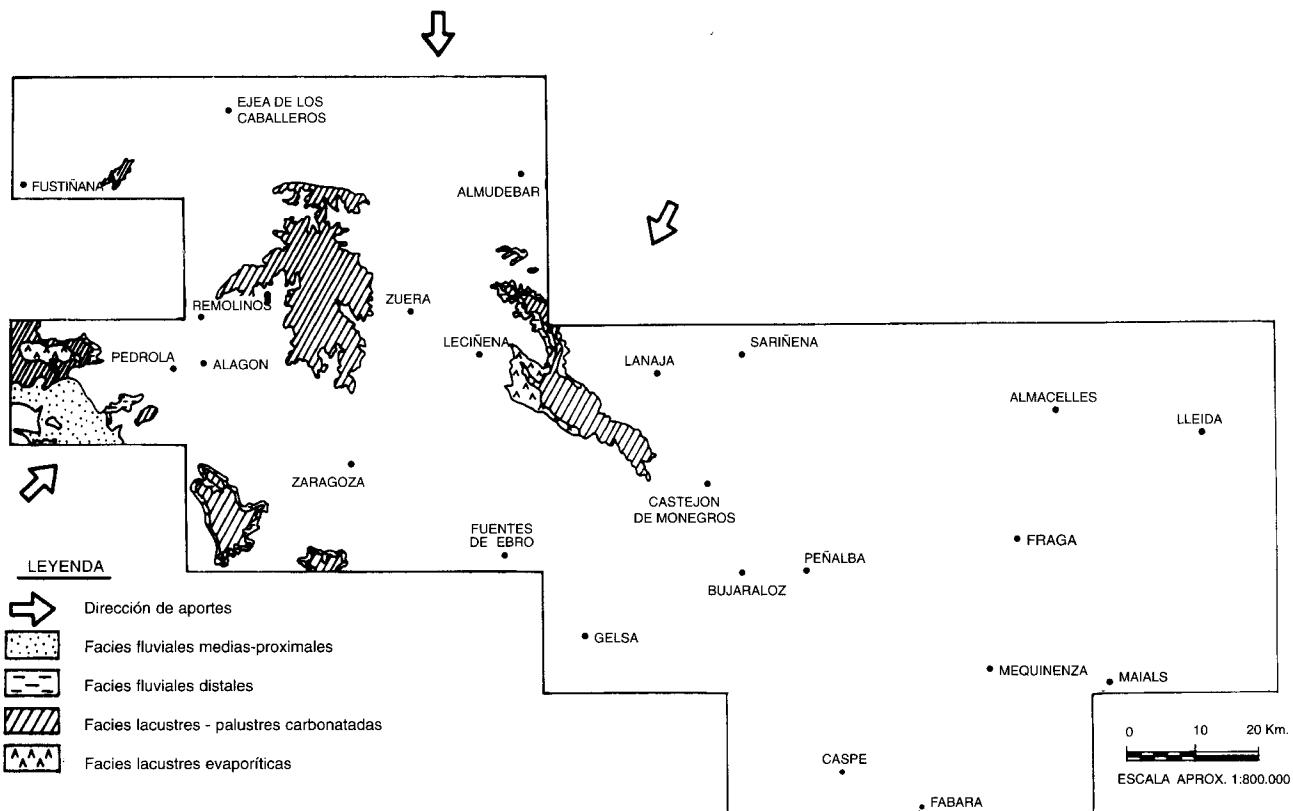


Fig. 9. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Sierra de Lanaja-Montes de Castejón

Los materiales que configuran esta unidad, dentro del territorio estudiado, forman parte de la Fm. Alcubierre y de la Fm. Zaragoza, ámbas definidas por QUIRANTES (1969) (ver Fig. 1).

En la cartografía, hemos diferenciado tres unidades cartográficas, correspondientes a esta unidad genético-sedimentaria.

1.1.5.1. *Arcillas ocres y margas, areniscas en paleocanales y en capas tabulares, calizas y yesos nodulares (11). (Aragonense)*

Estos materiales afloran tanto en el flanco septentrional como en el meridional de la Sierra de Alcubierre, siguiendo la dirección de la misma (NO-SE). Como se ha dicho en el apartado anterior, está constituida por dos tramos lutíticos, los cuales se hallan separados por un nivel carbonático. En el extremo sur-occidental de la zona, entre estas facies, se intercalan los sedimentos evaporíticos que constituyen la unidad cartográfica (12), la cual se describirá en el apartado siguiente.

El primer tramo, en el sector centro-meridional, tiene una potencia de 60 m, la cual ha sido evaluada en la columna de La Manadilla (02). En la serie de San Caprasio (01), realizada en el sector sur-occidental de la hoja, posee una potencia de 30 m, sin tener en cuenta la potencia de los materiales evaporíticos, que constituyen la unidad cartográfica (12), los cuales se hallan intercalados en la parte media de esta unidad. Finalmente en el sector nor-occidental, presenta una potencia de unos 50 m, evaluada en la serie de Alcubierre (03).

En la zona de La Manadilla, está constituido por una alternancia de margas grises y de arcillas ocres. A lo largo de todo el tramo, se intercalan niveles de calizas micríticas, de espesor centimétrico y decimétrico, las cuales contienen abundantes restos organógenos. Las arcillas están bioturbadas y presentan marmorizaciones. También se intercalan areniscas de grano fino y medio. La mayoría son planoparalelas y, ocasionalmente, presentan laminación paralela. Algunos niveles de arenisca, llegan a tener un espesor del orden de 2 m, presentan una base fuertemente erosiva e, internamente, poseen estratificación cruzada de tipo planar. En el sector sur-occidental, es un tramo fundamentalmente margoso, en el que se intercalan algunos niveles de calizas micríticas y de capas de arenisca planoparalelas, de origen turbidítico. Las margas contienen nódulos de yeso y, las calizas, son algo limosas y presentan estructuras tractivas de tipo hummocky y, también, nódulos de sílex. Por último, en el sector nor-occidental, consiste en un tramo margoso, en el que se intercalan niveles de yesos nodulares y acintados. También se intercalan niveles de limos y de areniscas de grano muy fino, las cuales, presentan laminación paralela, ripples y, ocasionalmente, estratificación cruzada de tipo hummocky. Finalmente en este sector, también se desarrollan, dentro de este tramo, niveles carbonáticos los cuales corresponden, o bien a biomicritas, o bien a calizas estromatolíticas.

La potencia del segundo tramo predominantemente lutítico, únicamente se ha evaluado en las secciones de San Caprasio (01), donde presenta 40 m y de Alcubierre (03), donde se han medido los 20 m basales.

Tanto en el sector centro-meridional, como en el sector nor-occidental, está constituida por lutitas rojizas, edafizadas, entre las que se intercalan niveles centimétricos de calizas micríticas con un gran contenido en restos organógenos. Sin embargo, en el sector sur-occidental, está formada por margas, que contienen abundantes nódulos de yeso y entre las que se intercalan niveles calcáreos micríticos y, también, capas de arenisca planoparalelas, de origen turbidítico. Los clastos de alguna de estas turbiditas, consisten en fragmentos de estromatolitos resedimentados.

Las tablas de caliza intercaladas en esta unidad, corresponden a biomicritas y a pelmicritas con fragmentos de ostrácodos, oogonios y restos de carofitas y de algas cianofíceas. Contienen limos arenosos.

Por otro lado, las areniscas, corresponden a calclititas, con un 10% de clastos de cuarzo. El cemento es carbonático.

Según las descripciones realizadas, el primero de los tramos, en el sector centromeridional, presenta facies de abanico aluvial distal-orla de abanico (Fig. 11 b) y, en los sectores nor-occidental y sur-occidental presenta facies de margen de lago salino (Fig. 11 f-a). La distribución de facies del segundo tramo, dentro del territorio cartografiado, es algo diferente, ya que tanto en el sector centro-meridional como en el nor-occidental, presenta facies de orla de abanico y, en el sur-occidental, facies de margen de lago salino.

Por las consideraciones realizadas en el capítulo anterior y, dado que esta unidad constituye la parte inferior y media de la Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón, le asignamos una edad de Aragoniense medio-superior.

1.1.5.2. *Margas y yesos estratiformes (12). (Aragoniente)*

Aflora únicamente en el extremo sur-occidental del área cartografiada, al norte de la población de Farlete. Se intercalan dentro del primer tramo lutítico que constituye la unidad cartográfica (11).

Su potencia ha sido evaluada en la serie de San Caprasio (01), donde es de unos 45 m.

Fundamentalmente consiste en capas estratiformes de yeso, de un espesor que oscila, entre los 10 y los 50 cm. Existe intercalaciones de margas con yeso nodular, las cuales se presentan con mayor frecuencia, hacia el techo del tramo.

Al microscopio, estas yesos se presentan en cristales finos, corresponde a yeso secundario alabastriño con inclusiones de anhidrita.

Se pueden interpretar como facies depositadas en un ambiente de lago salino (Fig. 11 f-b).

Le atribuimos una edad correspondiente al Aragoniente, ya que constituyen parte de la base de la Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón.

1.1.5.3. *Calizas micríticas, calizas detríticas con estromatolitos y margas (13). (Aragoníense)*

Dentro del área cartografiada, aflora a lo largo de la Sierra de Alcubierre, ya que forma los escarpes existentes en la parte media-superior de la misma. como se ha dicho anteriormente consiste en dos niveles, separados por el segundo tramo lutítico, que constituye la unidad cartográfica (11).

El primer nivel, en la serie de San Caprasio (01), presenta unos 30 m de potencia, en la de La Manadilla (02), unos 15 m y en la columna de Alcubierre (03), posee 10 m. La potencia del segundo nivel, únicamente se ha evaluado en la serie de San Caprasio (01), donde tiene 10 m de potencia.

Los dos niveles, consisten en una alternancia de margas y de tablas de caliza de hasta 2 m de espesor. Las calizas son micríticas y poseen un cierto contenido en limos terrígenos y en restos organógenos. Frecuentemente se hallan bioturbadas y, en algunas ocasiones, presentan estructuras tractivas, como superficies de reactivación y ripples. Alguno de los niveles, presenta estromatolitos.

Al microscopio, las calizas corresponden a biomicritas con restos de caráceas, ostrácodos y algas cianofíceas.

Según la descripción efectuada, fueron depositadas en un ambiente deposicional lacustre-palustre (Fig. 11 e).

Dado que constituyen la parte medio-superior de la Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón, se le atribuye una edad correspondiente al Aragoníense medio-superior.

1.1.6. **Unidad San Caprasio**

En la zona cartografiada, esta unidad aflora en el sector sur-oriental, concretamente en el sector más elevado topográficamente de la Sierra de Alcubierre.

Dentro del área, está formada por dos tramos predominantemente terrígenos y por dos tramos carbonáticos. Estos últimos, se desarrollan hacia la parte media-superior de la unidad, constituyendo, el último de ellos, el techo de la misma. La base de la unidad, representada por el primer tramo lutítico, está formada por facies aluviales distales.

Su potencia, se ha evaluado en la serie de San Caprasio (01), donde es de unos 130 m.

El límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria, se pone de manifiesto a través del contacto existente entre las facies carbonáticas, de origen lacustre-palustre, que caracterizan la parte superior de la Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón y las facies margo-terrígenas, de abanico aluvial distal que constituyen la base de esta unidad. Este límite, representa un nuevo periodo de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales y el inicio en la sedimentación, de una nueva unidad genético-sedimentaria. Cabe destacar que, a grandes rasgos, este límite coincide con el de las unidades tectosedimentarias N2 y N3, caracterizado, en este mismo sector, por ARENAS y PARDO (1991).

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón, se ha caracterizado también, en la hoja de Leciñena (355), donde, en la base, está constituida básicamente por facies terrígenas de abanico aluvial distal y, en el techo, por facies carbonáticas de origen lacustre-palustre (Fig. 10).

Por lo que se refiere a la posición cronoestratigráfica de esta unidad, si bien los estudios de los yacimientos situados dentro del territorio, han permitido atribuir a la unidad infrayacente, al Aragoniense medio-superior, el hecho de que esta unidad coincide con la UTS N3, definida y caracterizada por PEREZ et al. (1988) y ARENAS y PARDO (1991), condiciona que atribuyamos al Vallesiense a casi toda esta unidad, exceptuando su parte inferior.

Los materiales que configuran esta unidad, dentro del territorio estudiado, forman parte de la Fm. Alcubierre definida por QUIRANTES (1969) (ver Fig. 1).

En la cartografía, hemos diferenciado dos unidades cartográficas, correspondientes a esta unidad genético-sedimentaria.

1.1.6.1. *Arcillas rojizas, paleocanales de arenisca, margas y tablas de caliza (14). (Aragoniente-Vallesiense)*

Estos materiales afloran en las cotas de mayor altitud de la Sierra de Alcubierre. Están formados por dos tramos lutíticos, que se hallan separados por un nivel carbonático.

Su potencia se ha evaluado en la serie de San Caprasio (01), donde el primer tramo, presenta unos 20 m de potencia y, el segundo, tiene 65 m.

En esta zona, está formada por arcillas rojizas con señales de edafización, que contienen intercalaciones areniscosas. Estas, normalmente se presentan en capas tabulares, de grano medio y fino, de espesor centimétrico; contienen laminación paralela. En la parte media del tramo superior, existe la intercalación de varios bancos de arenisca de hasta 4,5 m de espesor. Estos, poseen superficies de reactivación internas, marcadas por cantos blandos y superficies de acreción lateral. También se intercalan niveles calcáreos de escaso espesor.

Según estas características, los bancos de arenisca representan depósitos de barras de meandro. Por otro lado, tanto las arcillas como las areniscas tabulares, representan facies de llanura de inundación. En conjunto corresponden a facies de abanico aluvial distal (Fig. 11 a y 11 b).

Por las consideraciones realizadas en el apartado anterior, la base del primer tramo, correspondería al Aragoniente superior, mientras que el resto del primer tramo y la totalidad del segundo, poseerían una edad correspondiente al Vallesiense.

1.1.6.2. *Calizas micríticas y margas (15). (Vallesiense)*

Su área de afloramiento, queda restringida en la zona, topográficamente más elevada de la Sierra de Alcubierre. Está formada por dos niveles, el primero de los cuales, separa los dos

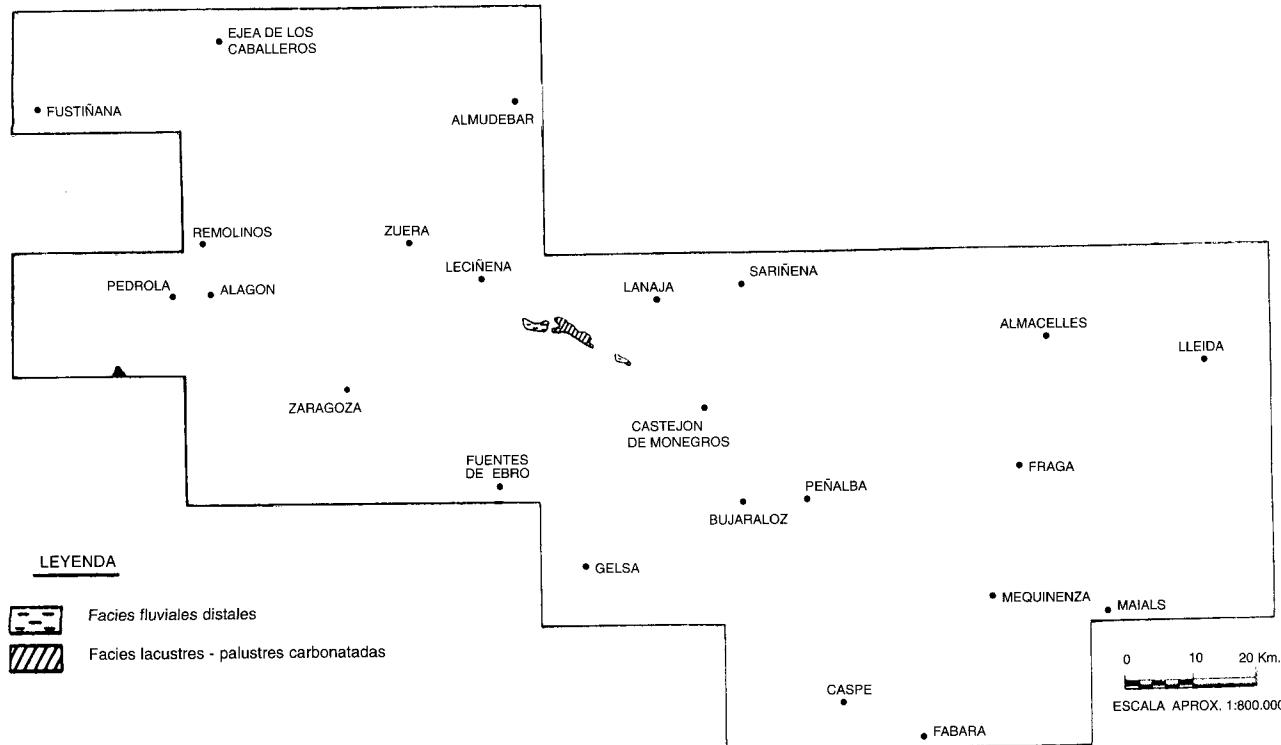
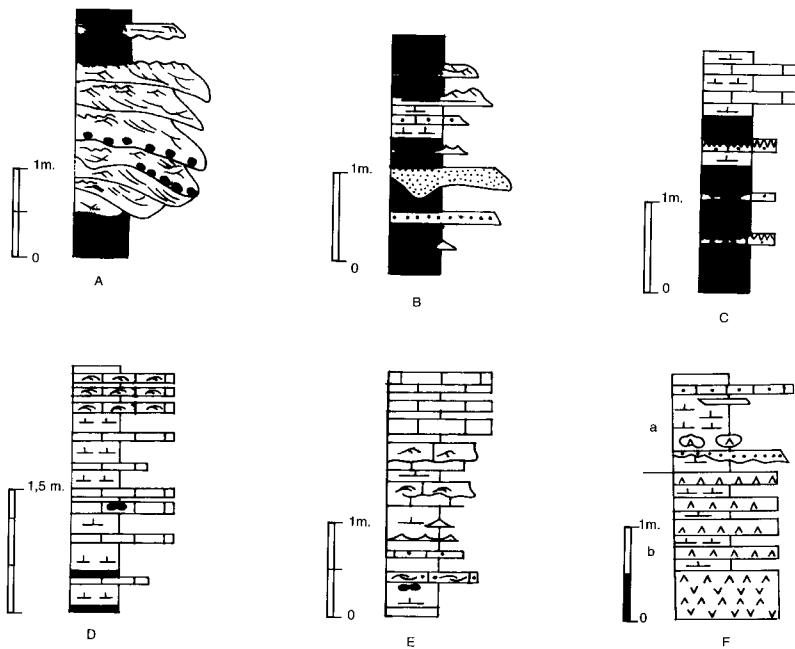


Fig. 10. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de San Caprasio



A- FACIES DE RELLENO DE PALEOCANALES DE RIOS MEANDRIFORMES. BARRAS DE MEANDRO

B- FACIES DE LLANURA DE INUNDACION Y DE ORLA DE ABANICO

C- SECUENCIAS DE FACIES PALUSTRES

D- SECUENCIAS DE FACIES LACUSTRES

E- SECUENCIAS DE FACIES LACUSTRES DEL CUARTO Y QUINTO CICLO SEDIMENTARIO

Fa- SECUENCIAS DE FACIES DE MARGEN DE LAGO SALINO

Fb- SECUENCIAS DE FACIES DE LAGO SALINO

LEYENDA

	Areniscas		Yesos estratiformes		Ripples de oscilación
	Yesos nodulares		Laminación paralela		
	Calizas		Estratificación cruzada en surco		Estratificación wavy
	Calcisistitas		Estratificación cruzada plamar		Estratificación lensen
	Lutitas		Ripples de corriente		Marcas de raices
	Margas		Ripples ascendentes		Cantos blandos
			Estratificación cruzada hummocky		Módulos de silex

Fig. 11. Secuencias de facies representativas de los ambientes deposicionales que se desarrollan en la Hoja de Lanaja.

tramos, predominantemente lutíticos, que constituyen la unidad cartográfica (14) y, el segundo, suprayace al último de los mismos y, a la vez, constituye el nivel estratigráfico más alto de toda la zona estudiada.

La potencia de ambos niveles, se ha medido en la serie de San Caprasio (01), donde cada uno de éstos, presenta una potencia de unos 10 m.

Consisten en una alternancia de calizas y de lutitas. Las capas de caliza, tienen un espesor de hasta 1 m. Corresponden a calizas micríticas, con un gran contenido organógeno y con una porosidad muy desarrollada.

Al microscopio corresponden a biomicritas muy recristalizadas, con restos de moluscos y de caráceas.

Según las características mencionadas, se pueden interpretar como depositadas, en un ambiente lacustre-palustre (Fig. 11 c y 11 d).

Dado que se sitúan en la parte media-superior de la Unidad de San Caprasio y, teniendo en cuenta las consideraciones realizadas en los apartados anteriores, le atribuimos una edad correspondiente al Vallesiense.

1.2. CUATERNARIO

1.2.1. **Gravas y cantos con matriz limo-arcillosa (16, 19). Glacis. Pleistoceno-Holoceno**

Corresponden a los depósitos cuaternarios más extensos de la hoja. Sus zonas de raíz se sitúan al pie de los relieves de la Sierra de Alcubierre, siendo su desarrollo principal hacia el noreste de la misma.

Los glacis de la unidad 16 corresponden a tres niveles sucesivos diferenciados en el mapa geomorfológico en función de sus cotas relativas.

El más antiguo de dichos niveles (GL-4), en un corte en el Monte de Orillena, está formado por 6 m de espesor de gravas y cantos, predominantemente calcáreos, con algunos de areniscas subangulosas a subredondeadas, centil 35 cm y moda 3-4 cm, con una matriz de limos y arcillas pardas y cemento carbonatado. Presenta algunas cicatrices de reactivación.

El siguiente nivel de glacis (GL-3) presenta una litología muy similar, con un espesor de 3-4 m en las proximidades de Orillena.

El nivel más moderno (GL-2) tiene unos 6 m de potencia. Hacia el km 7 de la carretera Lanaja-Lalueza presenta 5 m visibles de cantos calcáreos subredondeados-subangulosos, con un centímetro de 20 cm y una moda de 3-4 cm, mud and clast supported, con matriz limoarcillo-

Illosa de tonos pardos y rojizos hacia la parte superior del glacis. Localmente se han observado pequeñas cementaciones de carbonato cálcico.

En la esquina suroeste, en las proximidades de Farlete, el espectro litológico de los cimientos se enriquece extraordinariamente en yesos, dada la composición del área fuente.

En general, puede indicarse que el tamaño de los clastos disminuye desde las áreas próximas a la Sierra de Alcubierre hacia las más lejanas, al igual que aumenta el grado de redondez de los mismos.

Se atribuye una edad pleistocena a los tres glacis englobados en la unidad cartográfica 16.

Los glacis de la unidad 19 corresponden a derrames recientes y se presentan, generalmente, asociados a fondos de valle.

En las cercanías de Alcubierre presentan un espesor de 2 m, y litológicamente están formados por cimientos calcáreos subangulosos, de forma tabloide. En la parte inferior están clasto-soportados, mientras que el medio metro superior tiene un porcentaje elevado de matriz de limos y arcillas pardas.

Se les asigna una edad Holocena.

1.2.2. *Cantos y gravas, eventualmente con cemento calcáreo (17, 18 y 22). Terrazas. Pleistoceno*

Corresponden a los tres niveles de terraza del Río Flumen, a los que se ha asimilado un nivel situado en el Barranco de San Caprasio, al sur del Pueblo de Alcubierre.

Los tres niveles de terraza presentan espesores no superiores a los 3-4 m. Litológicamente están formadas por cimientos calcáreos (» 90%) y areniscosos (» 10%) procedentes del Mesozoico y Eoceno marinos de las Sierras Exteriores de Huesca, esto es, extrazonales. Morfométricamente están bien redondeados, y el tamaño medio es de 3 a 6 cm. Como estructuras sedimentarias presentan imbricación de cimientos y superficies de reactivación con morfología de barras, interpretándose como depósitos de barras de canales fluviales de tipo braided.

Localmente se pueden presentar bastante cementados por carbonato cálcico.

En el barranco de San Caprasio se ha localizado un nivel formado por 1,5 m de gravas calcáreas (80%) y yesíferas (20%), subredondeadas de 25 cm de tamaño máximo y 2-3 cm de tamaño medio sobre el que se disponen 4 m de limos arenosos pardos, con cimientos dispersos e hiladas de gravas asociadas a superficies erosivas.

Las gravas inferiores presentan los cimientos imbricados, dibujando una estratificación cruzada planar gruesa a gran escala, con cicatrices de reactivación y corresponden a barras de canales de tipo braided.

Asimilamos a este nivel, por sus características sedimentológicas y posición relativa sobre el cauce actual, al nivel de T1 del Río Flumen.

Aunque sin dataciones objetivas, atribuimos a las tres terrazas una edad pleistocena.

1.2.3. Lutitas con materia orgánica (20). Zonas endorreicas. Holoceno

Se trata de dos pequeñas áreas, situadas una al este de Alcubierre y otra en el borde sur de la hoja, cercana a Farlete.

Corresponden a depósitos lutíticos de tonos grises por la presencia de cierto contenido en materia orgánica. Aunque no existen cortes de estos depósitos puede afirmarse que son de reducido espesor, estando además fuertemente reelaborados por la actividad agrícola.

Corresponden a pequeñas depresiones sometidas a procesos de encharcamiento estacional.

1.2.4. Cantos en matriz arcillosa (21). Coluviones. Holoceno

Se han cartografiado en el mapa geológico los depósitos de ladera de mayor espesor y extensión superficial.

Su composición litológica es función de la de los relieves a los que están ligados.

En el área de la Sierra de Alcubierre suelen ser de grandes bloques angulosos de calizas, yesos y areniscas, con gran heterogeneidad en el tamaño de los cantos, envueltos en una matriz limo-arcillosa de tonos beiges y pardos. Pueden tener hasta 6 m de espesor.

En el resto de la hoja provienen, o bien de cerros terciarios, o bien de relieves invertidos asociados a glacis, siendo en este último caso la litología similar a la de los mismos.

Generalmente no presentan encostramientos carbonatados.

1.2.5. Gravas y arenas (23). Llanura de inundación. Holoceno

Esta unidad corresponde a la llanura de inundación del río Flumen, encontrándose situada unos 2-3 m sobre el cauce activo.

Aunque no se han observado buenos cortes, dada la intensa labor de cultivo a la que está sometida, su composición litológica es de arenas y limos que engloban cantos dispersos de calizas y areniscas, 2-3 cm de tamaño medio, provenientes tanto de la reela-

boración de las terrazas situadas aguas arriba como de los afloramientos neógenos del sector.

1.2.6. Gravas en matriz limo-arcillosa (24). Aluviales y fondos de vale. Holoceno

Esta unidad engloba tanto los depósitos del cauce activo del Río Flumen y algún afluente (Barranco de las Hiladas), como los rellenos de las vales o valles de fondo plano situados en todo el ámbito de la hoja con aportes mixtos aluviales y de laderas.

El aluvial del Flumen está formado por arenas y gravas bien redondeadas de 2-3 cm de tamaño medio, mientras que los fondos de las vales son depósitos de limos arcillosos de tonos pardos y ocres que incluyen cantes dispersos de naturaleza calcárea, yesífera y/o areniscosa (30% como media) subangulosos a subredondeados, con escasa organización interna.

2. TECTONICA

2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La Hoja de Lanaja (356) está situada en la parte central de la Cuenca del Ebro. La Cuenca del Ebro, en sentido tectónico, corresponde fundamentalmente a la fosa de antepaís de la Cordillera Pirenaica. En superficie sus límites están marcados por esta cadena, la Cordillera Ibérica y los Catalánides, y en subsuelo su extensión es mayor, ya que está recubierta parcialmente por el Pirineo y su prolongación occidental, la Cordillera Cantábrica y por parte de la Cordillera Ibérica. De estos orógenos son los Pirineos los que han ejercido una mayor influencia en la génesis y evolución de la cuenca de antepaís.

El sustrato de la Cuenca del Ebro está constituido por el zócalo paleozoico sobre el que se dispone una cubierta mesozoica incompleta, con predominio de los materiales triásicos y jurásicos, ocupando los materiales más modernos la posición más meridional. La estructura de la cubierta, según se deduce de los mapas de subsuelo existentes (RIBA et al., 1983), es sencilla aunque en los márgenes puede estar afectada por estructuras compresivas.

El relleno sedimentario de la cuenca es heterogéneo en espesor y edad. En líneas generales los depósitos marinos más antiguos se ubican en los sectores septentrional y oriental. Las mayores potencias se encuentran bajo el frente alóctono surpirenaico y en la Cuenca de La Rioja.

La organización interna del relleno sedimentario se realiza mediante secuencias deposicionales controladas por la evolución tectónica de las cordilleras circundantes (PUIGDEFABRE-GAS et al., 1986). Como esta evolución ha sido compleja, migrando la deformación en el espacio y en el tiempo, los límites entre secuencias tienen las mismas características. En líneas generales la deformación es más joven, o ha perdurado durante más tiempo, en sentido este a oeste.

La parte central de la Depresión del Ebro presenta una estructura geológica muy sencilla, con capas horizontales o con buzamientos máximos de 4 ó 5 grados, ya que se encuentra alejada de los orógenos alpinos.

2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

La Hoja de Lanaja está surcada en su tercio sur-occidental por la Sierra de Alcubierre, con afloramiento de materiales miocenos detriticos y carbonatados subhorizontales, con un ligeró basculamiento hacia el suroeste.

La esquina suroeste corresponde a materiales evaporíticos y el resto de la hoja está ocupado en su mayoría por depósitos superficiales cuaternarios.

Apenas existen en toda la extensión de la hoja deformaciones apreciables. Solamente es destacable un basculamiento generalizado de 2 a 6 grados hacia el suroeste en la serie miocena, que se continua también en las hojas vecinas y por gran parte de la parte central de la cuenca. Este basculamiento de edad claramente posterior a la de los materiales miocenos (Aragoniente-Vallesiense) que aflora en la hoja, podría estar controlado por fallas mayores de dirección ESE a sureste que no se manifiestan en superficie.

Las fallas con expresión cartográfica son prácticamente inexistentes en la hoja. Sin embargo, en los estratos competentes miocenos es frecuente observar un sistema de diaclasado de escala decimétrica a métrica, con planos subverticales, en el cual se pueden diferenciar dos familias principales: una de orientación próxima a N-S y otra que tiende a ser perpendicular a la primera. Este diaclasado también afecta a algunos depósitos cuaternarios, y es coherente con una distensión radial generalizada. En algunos puntos se pueden encontrar pequeñas fracturas con desplazamiento en falla normal que afectan a materiales miocenos de la Sierra de Alcubierre.

2.3. EVOLUCION TECTONICA

Los datos existentes en el marco de la hoja no permiten establecer grandes precisiones sobre su evolución tectónica. 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, así como una traslación continua del depocentro desde Cataluña a Los Monegros.

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

2.4. NEOTECTONICA

Hacia el Mioceno superior-Plioceno se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque no se manifiesta por fallas cartográficas, sí produjo un sistema de diaclasado bastante homogéneo y, más localmente, fallas normales de pequeño salto. El campo de esfuerzos sería una distensión tendente a radial con s_3 próximo a E-O, lo que hace que se forme una familia principal de diaclasas en torno a N-S. El intercambio de s_2 y s_3 en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar a una familia secundaria en dirección E-O. En ciertas áreas se produjo una desviación de las trayectorias de esfuerzos por efecto, probablemente, de fallas mayores de dirección ESE a sureste, con las que posiblemente también estaría relacionado el débil pero extenso basculamiento que experimenta toda la serie de la Sierra de Alcubierre hacia el SO.

Durante el Cuaternario siguen produciéndose, en algunos puntos, fracturas SSE y ENE (y, en menor medida, noroeste y noreste), que muestran una coherencia bastante aceptable con el campo de esfuerzos reciente inferido de la fracturación que afecta al Mioceno. Los casos observados sugieren que la actividad de estas fallas se mantiene hasta después de haberse desarrollado prácticamente todos los niveles de glacis que ocupan el ángulo noreste de la hoja.

3. GEOMORFOLOGIA

3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La Hoja de Lanaja se localiza en la unidad fisiográfica de la Depresión Terciaria del Ebro, situándose hacia la parte central de la misma. En su territorio tienen representación las subdivisiones fisiográficas de las plataformas calcáreas culminantes, correspondiente al relieve de la Sierra de Alcubierre, y de las terrazas y glacis cuaternarios, desarrollados sobre las litologías más lábiles y caracterizadas por una marcada inversión del relieve (QUIRANTES, 1971).

Climatológicamente, la región se caracteriza por un clima semiárido de marcada continentalidad, con temperaturas media anuales entre 14 y 15°C y precipitaciones medias anuales en torno a los 400 mm.

Desde el punto de vista orográfico, el principal relieve de la hoja lo constituye la Sierra de Alcubierre, que se extiende a lo largo de la zona meridional de la misma con una orientación ONO-ESE. Su culminación topográfica lo constituye el vértice San Caprasio (812 m), siendo otra cota importante el vértice Torre Ventosa (788 m). Un escalón secundario de Alcubierre es la Sierra de Pallaruelo con la Punta de Purroy (632 m).

La red hidrográfica está regida por el Río Flumen como principal colector, el cual circula a lo largo de la esquina noreste de la hoja con un curso NE-SO. Su cota mínima alcanza los 250 m de altura.

El resto de los cauces fluviales son de escasa entidad y circulación intermitente dada la marcada aridez de la zona. Los más importantes emisarios de la Sierra de Alcubierre son los Barrancos de San Caprasio y Val de Zaragoza, enlazando el primero de ellos mediante circulación subsuperficial con el Barranco de Valpodrida, afluente a su vez del Flumen.

Paisajísticamente la zona presenta las características típicas de la Comarca de Los Monegros con una vegetación pobre y escasa y desarrollo de cultivos de cereales de secano, situación modificada principalmente en el cuadrante noreste mediante el aprovechamiento del canal de Monegros para regadíos.

Las únicas zonas forestadas se localizan en ambas vertientes de la Sierra de Alcubierre.

3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

3.2.1. **Estudio morfoestructural**

Como condicionante del modelado existente en esta hoja hay que considerar la interacción entre la propia arquitectura geológica del sustrato y la dinámica fluvial, principal responsable de la labor de vaciado erosivo y acarreo de los materiales denudados, todo ello en el contexto de un sistema morfoclimático de carácter semiárido.

De esta manera, son las formas estructurales uno de los rasgos dominantes de gran parte de la hoja. La alternancia de litologías de resistencia contrastada a la erosión -principalmente calizas- con materiales lábiles de naturaleza margo-yesífera y lutítica permite el modelado de relieves de erosión diferencial y el desarrollo de superficies estructurales algunas de ellas degradadas, las cuales presentan escarpes que no superan los 100 m.

A grandes rasgos pueden diferenciarse tres grandes plataformas estructurales sucesivas (QUIRANTES, 1971):

Inferior, bien representada al sur de Pallaruelo de Monegros y a una cota de 350-360 m.

Media, subdividida a su vez en dos niveles situados entre los 600 y 680 m de altura. El más bajo constituye el escarpe de la Sierra de Pallaruelo.

Alta, situada en cotas superiores a los 770 m e integrada por los relieves estructurales culminantes de la Sierra de Alcubierre.

Todo este conjunto se dispone escalonado, configurando una morfología en graderío.

Por último hay que señalar la existencia dentro de este modelado estructural, de diversos cerros cónicos originados por la degradación erosiva de antiguas superficies estructurales.

3.2.2. **Estudio del modelado**

Como ya se ha apuntado anteriormente, hay que admitir como principal responsable del modelado de la región un sistema morfogenético caracterizado zonalmente por su aridez, en el cual tienen particular importancia los procesos derivados de la acción erosiva de la arroyada.

3.2.2.1. *Laderas*

Las laderas constituyen elementos fundamentales en la composición del relieve al proveer de aportes de agua y sedimento a la red de drenaje.

En la hoja de Lanaja se dan diversos tipos de vertientes, en función del contexto morfológico en que se sitúan. Así se puede indicar que en la Sierra de Alcubierre las laderas generalmente se presentan desnudas, dada la intensidad del proceso de abarrancamiento a que está sometida.

En el resto de la hoja existe un proceso generalizado de regulación de vertientes. En la cartografía geomorfológica se han distinguido como coluviones los depósitos más extensos y potentes, asociados por lo general a escarpes estructurales y relieves invertidos de formas de acumulación, tales como los glacis.

Así mismo se han cartografiado algunas vertientes regularizadas, habitualmente tapizadas por una cobertura detrítica de pequeño espesor, las cuales han sido posteriormente sometidas a un proceso de erosión por arroyada, funcional en la actualidad que degrada su regularización.

Se puede considerar la edad de estas acumulaciones de ladera como Holoceno (RODRIGUEZ VIDAL, 1986), en relación con etapas más frías existentes en esta época. Por el contrario, las etapas con mayor tendencia a la aridez desencadenan los procesos de incisión en los materiales de ladera anteriormente depositados.

3.2.2.2. *Formas fluviales*

Las principales acumulaciones fluviales cuaternarias en la zona ocupada por la hoja de Lanaja corresponden al sistema de terrazas del Río Flumen.

Este, proveniente de las sierras prepirenaicas con características correspondientes a un clima templado-húmedo, constituye claramente un elemento “extrazonal” (ALBERTO et al., 1984) dentro del contexto morfoclimático local, caracterizado por su notable aridez.

El Flumen, en el sector que nos ocupa, presenta características mixtas entre meandriforme y braided, tal y como indican su sinuosidad y la morfología de las barras del lecho activo.

Su valle presenta una marcada asimetría, conservándose en la margen derecha del mismo tres sucesivos niveles de terraza, mientras que en la margen izquierda el nivel de terraza alta (T3) se dispone con un abrupto escarpe sobre el cauce activo actual. Las cotas relativas de las mismas son:

$$T1 = +10 \text{ m};$$

$$T2 = +20-25 \text{ m};$$

$$T3 = +35-40 \text{ m}$$

Un nivel inferior, cartografiado como llanura de inundación, se sitúa a unos 2-4 m sobre el cauce.

En el resto de la hoja son los procesos fluviales de erosión activa los que adquieren un predominio neto, fundamentalmente en los relieves de la Sierra de Alcubierre. La arroyada es el

factor básico de la intensa denudación y origina una densa red de cárcavas y profundos barrancos de incisión lineal -denominados "tollos" en la región- con un aspecto de malla dendrítica en detalle. El marcado retroceso de las cabeceras de las mismas da lugar a una serie de estrechos interfluvios a modo de aristas en las zonas somitales de la Sierra.

En la desembocadura de alguno de estos "tollos" se desarrollan pequeños conos de deyección -cartografiados en el mapa geomorfológico- de naturaleza limo-arenosa con algunas gravas. En su génesis, el factor fundamental es la pérdida de capacidad de carga del barranco por infiltración de caudales al llegar a zonas permeables como puede ser el glacis situado en los alrededores de Farlete.

Consecuencia asimismo del contexto climático "zonal" marcadamente semiárido, en la hoja de Lanaja tienen gran importancia los procesos de erosión subsuperficial o piping.

Estos están generalmente asociados a los depósitos limo-arcillosos de los fondos de las vales, habiéndose cartografiado tanto las surgencias -habitualmente de tipo nicho- como los lugares de pérdida de drenaje superficial por infiltración, y señalado en algunos casos las zonas preferentes de flujo subsuperficial.

3.2.2.3. *Formas lacustres*

La principal forma lacustre presente en la hoja de Lanaja es la terminación occidental de la Laguna de Sariñena. Esta constituye uno de los más característicos fenómenos de endorreísmo dentro de la Cuenca del Ebro, tanto por su situación topográfica -se localiza sobre el nivel de terraza T3 de la confluencia del sistema Flumen-Alcanadre, que a su vez actúa como interfluvio entre ambos ríos- como por su importancia paisajística y ecológica, al estar localizada en una zona esteparia de marcada aridez.

En su génesis -Ver IBAÑEZ en PEDROCCHI et al., 1986- han intervenido una serie de procesos mixtos de origen hidroeólico, que podrían sintetizarse en lo siguiente:

Una primera etapa de creación de una cubeta incipiente, debido a la heterogeneidad tanto de espesores como de facies de la terraza en que se asienta, que permitiría el desarrollo de una erosión diferencial.

Una segunda etapa de ampliación de la protocubeta mediante la alternancia de momentos de encharcamiento que favorecerían la alteración y disagregación del sustrato, con otras épocas secas que permitirían la actuación de la deflacción eólica evacuando el regolito previamente alterado.

Posiblemente, todo el proceso generador de la laguna corresponde al intervalo Cuaternario medio-actualidad.

Dentro de las formas endorreicas también se han cartografiado dos pequeñas zonas asociadas a leves depresiones topográficas situadas en zonas de drenaje poco claro y sometidas a procesos de encharcamiento estacional.

3.2.2.4. *Formas poligénicas*

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

De entre estas formas cabe destacar, por su abundancia en la zona de estudio, las "vales". Se trata de una morfología muy característica en la región y quedan definidas como una tupida red de valles de fondo plano que dissectan, a menudo fuertemente, los materiales sobre los que se implantan. Presentan forma de artesa sin concavidad de enlace lateral evidente.

En su génesis influyen procesos aluviales y coluviales -por removilización de los suelos de las laderas que enmarcan las vales (ZUIDAM, 1976). Según otros autores también los fenómenos eólicos tienen su efecto en el relleno de las vales (ALBERTO el al., 1984). Por otra parte, habitualmente se encuentran aterrazadas para el cultivo, por lo que indudablemente el factor antrópico tiene una gran importancia al menos desde el punto de vista de su preservación, al controlar la dinámica de los procesos erosivos.

Se han cartografiado también unos depósitos de origen mixto aluvial-coluvial que se asocian generalmente de fondos de valle y a sus enlaces con las laderas que las enmarcan, siendo difícilmente diferenciables.

Otros depósitos poligénicos son los derrames que, con morfología superficial levemente convexa, se desarrollan en alguna confluencia entre vales. Se han cartografiado al sureste de Alcanadre y en las proximidades de Orillena.

También se atribuye un origen poligénico a pequeñas formas residuales de tipo inselberg situadas sobre algún nivel de glacis, así como al escarpe de la terraza T3 alrededor de la laguna de Sariñena, dado el proceso genético ya descrito en el epígrafe anterior.

Por último, los principales depósitos de origen poligénico corresponden a los glacis que cubren una buena parte de la superficie de la hoja. Los niveles más extensos tienen un desarrollo longitudinal cercano a los 14 km y anchuras del orden de 5-6 km. Su punto de partida lo constituyen aproximadamente las alineaciones inferiores en cota de los relieves estructurales asociados a la Sierra de Alcubierre.

Se han cartografiado cuatro niveles de glacis distintos. El inferior corresponde a derrames recientes que a menudo conservan una morfología definible como glacis.

El segundo nivel se localiza preferentemente al norte de Lanaja, y en las proximidades de los pueblos de Farlete y Pallaruelo de Monegros, siendo el mejor representado.

Sobre el tercer nivel de glacis se sitúan las poblaciones de San Juan de Flumen y Cartuja de los Monegros. Enlaza con la T2 (+25 m) del río Flumen.

El nivel más alto de glacis queda como pequeños relictos colgados sobre el anterior. El mejor lugar de observación es el Monte de Orillena.

Todos ellos constituyen glacis de acumulación cuyas características litológicas se han descrito en el apartado de Estratigrafía. Morfológicamente se han distinguido en la cartografía los

afloramientos con mayor grado de degradación erosiva debido a la actuación de los procesos de arroyada.

La pendiente media de estos niveles de glacis más extensos se puede citar en unos 2-3°, siendo superior (5-7°) en las zonas de cabecera de los mismos.

3.2.2.5. *Formas antrópicas*

Las únicas formas antrópicas reflejadas en el mapa geomorfológico son el Canal de Los Monegros, de indudable importancia en el desarrollo económico de la región al haber puesto en regadío importantes áreas de escaso rendimiento agrícola y la cerrada del Embalse de Moncalver, situada en el estrecho Barranco de Lafarda, cuyo aprovechamiento también tiene fines agrícolas.

Otro tipo de actividades antrópicas generalizadas en la región tales como aterrazamientos para agricultura, balsas artificiales, etc., pese a su generalización en la zona, se han obviado en la cartografía con el fin de dar mayor claridad al mapa.

3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

En apartados anteriores se ha realizado una descripción detallada de las características litológicas y sedimentológicas de las formaciones superficiales, así como del contexto geomorfológico en que se sitúan. Por ello, en este epígrafe sólo reseñaremos la existencia de depósitos de génesis principalmente edáfica asociados a las superficies estructurales de la Sierra de Alcubierre. Estos se caracterizan por su pequeño espesor -0,5 a 1 m- y están constituidos por limos y arcillas pardo-rojizas que engloban cantos subangulosos generalmente calcáreos y/o yesíferos de diámetro medio 3-5 cm. Generalmente se presentan fuertemente antropizados por el laboreo agrícola.

3.4. EVOLUCION DINAMICA

Tras el término de las fases de deposición miocena 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 de la Depresión y debió producirse hacia el tránsito Mioceno-Plioceno (RIBA et al., 1983).

Este momento posiblemente estuvo acompañado de un levantamiento generalizado de la Cuenca del Ebro.

El desarrollo de los procesos erosivos paulatinamente va elaborando las distintas morfologías estructurales en plataformas y gradas, principalmente en la Sierra de Alcubierre. Hay que

considerar los procesos de arroyada como principal agente de este modelado denudativo. El río Flumen es el colector principal de la vertiente septentrional de la Sierra de Alcubierre y las sucesivas etapas de encajamiento del mismo a lo largo del Cuaternario permiten la deposición de tres niveles sucesivos de terraza.

Simultáneamente a la sedimentación de las terrazas se van generando sistemas de glacis que enlazan con las mismas. Todos estos glacis arrancan del gran relieve de la Sierra de Alcubierre y son de carácter acumulativo.

La alternancia de etapas de encajamiento y acumulación que permiten el desarrollo de los sucesivos niveles de glacis y terrazas hay que interpretarlas como consecuencia de los cambios climáticos ocurridos a lo largo de los tiempos cuaternarios. En este contexto, las etapas de acumulación deben corresponder a momentos climáticos más húmedos y fríos que los de las etapas de encajamiento, correspondientes a climas cálidos y secos similares al actual en la región.

Las últimas etapas acumulativas vienen representadas por los rellenos de vales, aluviales del río Flumen, derrames y glacis recientes y los depósitos de regularización de laderas y coluviones. Todos ellos son coetáneos ya que se indentan unos con otros.

En la actualidad, todas estas acumulaciones recientes aparecen disectadas por procesos de arroyada, lo cual es consecuencia de un cambio climático de menor entidad de los que se interpretan para los sistemas glacis-terraza.

3.5. MORFOLOGIA ACTUAL Y SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

La morfogénesis actual en este sector de la Depresión del Ebro está dominada por la tendencia a la semiaridez del clima de la región.

Por tanto, unos procesos generadores de morfología sumamente funcionales en la actualidad son la incisión lineal y los fenómenos de arroyada, particularmente intensos en la zona de la Sierra de Alcubierre dados los grandes gradientes de pendiente.

Los procesos de piping son también importantes en la actualidad. Se localizan generalmente en los fondos de las vales, significando un proceso de relleno no activo o bien un estado de equilibrio acumulación-evacuación bastante inestable, en el que pequeñas variaciones del entorno pueden modificar de forma rápida la dinámica de las vales.

Cara al futuro próximo, es previsible la constancia de las condiciones climáticas actuales, por lo que habría que considerar a la acción antrópica como factor principal de cambios potenciales en las condiciones morfodinámicas actuales.

Modificaciones en la escasa cobertura vegetal, concentrada en la Sierra de Alcubierre, así como en el régimen hidráulico de la región -es preciso resaltar la importancia de la construcción del Canal de Monegros al utilizarse sus aguas en la puesta en regadío de amplios

sectores de la hoja de Lanaja- pueden modificar de forma rápida el delicado equilibrio entre los procesos de erosión y sedimentación.

4. HISTORIA GEOLOGICA

La hoja de Lanaja se sitúa en el sector central de la Cuenca del Ebro. Esta cuenca, desde el Paleoceno, hasta el Mioceno superior, se constituyó como una cuenca de antepaís, cuya evolución está relacionada con la del orógeno pirenaico (PUIGDEFABREGAS et al., 1986), situado al norte y, también, con la evolución de la Cordillera Ibérica, situada al suroeste y la de Los Catalánides, que limitan dicha cuenca por el sureste .

A partir del Eoceno superior (Priaboniense) la cuenca del Ebro evoluciona a una cuenca endorreica con sedimentación continental que perdura hasta el Mioceno medio. Dentro de estas condiciones de sedimentación continental se desarrollaron extensos sistemas de abanicos aluviales y redes fluviales distributivas desde los márgenes de la cuenca hacia sus sectores más centrales. En las zonas de orla de abanico y en sus partes más distales se sedimentaron importantes depósitos lacustres y evaporíticos, en condiciones endorreicas.

La sedimentación de estos abanicos, se produce de forma 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, de la Formación Berga (RIBA, 1976), las cuales, son producidas por la deformación del Pirineo. También se refleja en las discordancias progresivas y angulares, que tienen lugar en los materiales aluviales de Sant Miquel de Montclar, de La Llena y del Montsant (ANADON et al., 1986), producto de la deformación de Los Catalánides. 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 efectuan los depocentros lacustres hacia el oeste. Esta migración finaliza en el Mioceno superior en el sector de Los Monegros, donde se desarrollan los sedimentos lacustres y de lago salino de las unidades más modernas.

Los sedimentos más antiguos aflorantes en la hoja de Lanaja pertenecen al Mioceno inferior (Ageniense) mientras que los más modernos pertenecen al Mioceno superior (Vallesiense). Forman parte de las seis unidades genético-sedimentarias que se han mencionado en el capítulo de Estratigrafía, las cuales se denominan: Unidad. Galocha-Ontiñena, Unidad. Bujaraloz-Sariñena, Unidad Remolinos-Lanaja, Unidad. Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora, Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón y Unidad San Caprasio. 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. Los aportes de los materiales aluviales, presentes en la zona cartografiada, provienen del Pirineo.

Dentro del área cartografiada, el registro sedimentario más antiguo, corresponde a los materiales de abanico aluvial distal que configuran el techo de la unidad Galocha-Ontiñena (Ageniense). Representan una etapa en que, en esta parte de la cuenca, tenía lugar la sedi-

mentación de materiales fluvio-aluviales, de ríos meandriformes y en donde se desarrollaban llanuras de inundación de gran extensión areal, ya que en esta unidad, predominan las facies pelíticas, de desbordamiento.

Con la sedimentación de la base de la unidad Bujaraloz-Sariñena, formada por paleocanales de ríos meandriformes y por facies de llanura de inundación, queda reflejado un periodo de reactivación de los sistemas aluviales, procedentes del Pirineo, durante el Ageniense-Aragoniente inferior. Por el contrario la sedimentación margo-carbonática de su parte superior, refleja un importante periodo de expansión lacustre (Aragoniente inferior). Hacia la parte nor-occidental de la zona, estos materiales pasan a facies de margen de lago salino.

Los materiales aluviales, que en la parte sur-oriental de la hoja, constituyen la base de la Unidad Remolinos-Lanaja, representan otra etapa de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales; Dentro de la zona, se puede constatar que estos materiales, hacia el sector nor-occidental y sur-occidental evolucionan a facies margo-evaporíticas, de margen de lago salino y 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 evolución temporal y espacial, de las Unidades Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora y Sierra de Lanaja-Montes de Castejón, es similar, dentro del área de estudio. La base de ambas unidades, representa dos reactivaciones diferentes que tuvieron lugar durante el Aragoniente medio-superior, ya que están constituidas, en el sector centro-meridional de la hoja, por facies aluviales distales. Estas, hacia el sector occidental de la zona, pasan a facies de margen de lago salino y de lago salino. De la misma forma, el techo de las dos unidades, lacustre.

Por encima de estos materiales, se desarrollan los materiales aluviales que, a grandes rasgos, configuran la parte inferior de la Unidad de San Caprasio. Representan la última etapa de reactivación de los sistemas aluviales, que tuvo lugar dentro de la zona, durante el Aragoniente superior-Vallesiense. Finalmente, los carbonatos que forman la parte superior de esta unidad, representan la última etapa de expansión lacustre, ocurrida en esta parte de la cuenca, durante el Vallesiense, y con la que concluye la historia geológica de los materiales terciarios.

Desde este momento y hasta los tiempos cuaternarios, no existe registro sedimentario ni en la hoja de Lanaja, ni en toda la Cuenca del Ebro, puesto que los materiales que constituyen la Unidad de San Caprasio, representan el techo de la serie terciaria de la Cuenca del Ebro.

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

En el tránsito Mio-Plioceno se produce un fuerte cambio en las condiciones de sedimentación de la cuenca. Tras la apertura, por parte del río Ebro, de una salida a través de la Cordillera Costera Catalana, se modifica el régimen sedimentario dominante hasta entonces.

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 modelo 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

Buena parte de la hoja está ocupada por la Sierra de Alcubierre, cuya naturaleza calcáreo-margosa limita tanto la demanda como la variedad de materiales susceptibles de explotación. El tercio nor-oriental de la hoja, zona de regadíos sobre depósitos cuaternarios, poco ofrece apenas posibilidades para los recursos minerales.

Se localizan en la hoja 10 indicios, 6 de calizas para piedra de construcción, 3 de arcillas comunes para ladrillería y uno de material carbonoso. Todos ellos de condición muy modesta y sólo uno activo (Fig. 12).

5.1.1. Minerales energéticos

No se encuentra ninguna labor minera en esta hoja. Durante la ejecución de un proyecto de prospección de lignitos realizado por el ITGE se localizó dentro del Mb. Castejón, de la Fm. Alcubierre, en la Ctra. de Lanaja a Castejón, una arcilla negra carbonosa dentro de la serie de calizas y margas lacustres aflorante. Las muestras recogidas dieron un PCI < 1.000 Kc/Kg, con un contenido en cenizas del 84,7%, lo que descalifica el material como "carbón".

5.1.2. Rocas industriales

La uniformidad litológica de los materiales existentes, así como la modesta demanda industrial y la escasa población, determinan que sólo dos sustancias hayan sido objeto de explotación: calizas, como piedra de construcción, y arcillas para cerámica.

En las 6 explotaciones de calizas reconocidos se explotaron niveles submétricos de esta litología, incluidos en secuencias de aprox. 5 m de margocalizas. Estos materiales tienen material arcilloso en su composición lo que limita mucho otros usos que los que recibieron: piedra de mampostería. La fuerte tectonización, los recubrimientos de coluviones cuaternarios

MINERALES ENERGETICOS

Nº	COORDENADA UTM	LITOLOGIA	MUNICIPIO Y PROVINCIA	SUSTANCIA	NATURALEZA DEL DEPOSITO	OTROS DATOS
8	720.850/4619.300	Arcillas, margas y calizas	Lanaja (H)	Arcillas carbonosas	Sedimentario	Arcilla negra carbonosa que no alcanza a ser un lignito. No ha sido explotada

ROCAS INDUSTRIALES

Nº	COORDENADA UTM	LITOLOGIA	MUNICIPIO Y PROVINCIA	SUSTANCIA	NATURALEZA DEL DEPOSITO	OTROS DATOS
1	707.770/4632.370	Margas y calizas	Lanaja (H)	Caliza	Sedimentario	Rocas de construcción; reservas medianas; inactivas
2	708.180/4630.625	Margocalizas	Lanaja (H)	Caliza	Sedimentario	Rocas de construcción; reservas medianas; inactivas
3	721.650/4626.400	Arcillas, areniscas, margas	Lanaja (H)	Arcilla común	Sedimentario	Reservas pequeñas, actual. activa; para uso cerámico en ladrillería
4	721.525/4625.650	Arcillas, areniscas, margas	Lanaja (H)	Arcilla común	Sedimentario	Reservas pequeñas, actual. activa; para uso cerámico en ladrillería (ladrillo y tejas)
5	710.100/4622.950	Margocalizas	Lanaja (H)	Caliza	Sedimentario	Explotabilidad mediana; se uso para mampostería; inactiva
6	728.075/4622.200	Arcillas, areniscas, margas	Lanaja (H)	Arcilla común	Sedimentario	Reservas mediana, inactiva; se uso para roca de construcc.
7	710.650/4619.950	Margocalizas	Lanaja (H)	Caliza	Sedimentario	Explotabilidad mediana; inact.; se usó para roca de construcc.
9	712.200/4618.500	Margocalizas	Lanaja (H)	Caliza	Sedimentario	Explotabilidad mediana; inact.; se uso como roca de construcc. (mampostería)
10	721.100/4618.350	Margocalizas	Lanaja (H)	Caliza	Sedimentario	Explotabilidad mediana; inact.; se uso como roca de construcc. (mampostería)

Fig. 12. Cuadro resumen de indicios de sustancias inventariadas en la Hoja.

y los frentes poco canterables determinan una explotación artesanal y menor, sólo indicada para el uso que se les ha dado. Se trata de canteras inactivas de poca entidad.

Los 3 indicios de arcillas corresponden a tres modestas explotaciones artesanales para tejas y ladrillos. De ellas, sólo la más cercana a la localidad de Lanaja está activa: "Santubides-Las Paules", con una producción en 1989 de 15.000 m³. Según datos de su explotador "Cerámicas Barón", explotándose los niveles margoarcillosos de la Fm. Sariñena. Estos niveles se presentan en potencias no mayores de 5 m, lo que obliga a abrir frentes de hasta 200 m; los materiales son limos de naturaleza silicocarbonatada.

5.2. HIDROGEOLOGIA

En el área que abarca la hoja de Lanaja no se distingue ningún sistema acuífero a escala regional. Sin embargo se pueden señalar algunas formaciones con interés hidrogeológico a nivel local.

Las formaciones acuíferas presentes están relacionadas con los extensos depósitos cuaternarios que recubren la mayor parte de la hoja. El resto de los materiales terciarios presentes en la zona son prácticamente impermeables con excepción de las facies de areniscas canalizadas de la Formación Sariñena.

La recarga de los acuíferos se realiza por infiltración de la precipitación y de los excedentes de riego sobre sus afloramientos, así como los aportes de los barrancos que pierden totalmente su carácter superficial al llegar a las amplias extensiones permeables cuaternarias.

La descarga se realiza a través de manantiales situados en el contacto con los materiales terciarios. La explotación es mínima.

Según el inventario disponible el pozo abierto es el tipo de captación más frecuente en la hoja (Fig. 13).

La calidad de las aguas subterráneas es buena excepto influencias locales de agua altamente mineralizadas que procedan de los materiales terciarios.

5.2.1. **Climatología**

El Instituto Nacional de Meteorología dispone de 8 estaciones de control de las cuales 5 registran datos de temperatura y precipitación y el resto sólo son pluviométricas.

La más representativa ya que posee el registro más largo es la nº 9910 Pallaruelo de Monegros y es la que ha servido para la caracterización climática de la hoja.

Según se puede observar en el mapa de isoyetas, esta zona está incluida en las de menor pluviometría de toda la Cuenca del Ebro.

Los datos correspondientes a la estación escogida considerando el período de 1957 a 1987 son los siguientes:

Precipitaciones mensuales completadas en mm (1953-1987)

Estación 9910	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
Media	38,7	36,6	33,6	28,2	29,2	31,5	30,5	46,9	42,7	22,3	26,4	39,5	398,8
D. Típica	39,7	36,1	23,1	26,5	24,0	31,1	28,2	25,9	30,3	18,9	23,6	38,3	122,2

Las épocas más lluviosas del año corresponden a primavera y otoño. Las precipitaciones mínimas se dan en julio-agosto.

Aunque la distribución mensual en apariencia, es uniforme, hay que tener en cuenta que las escasas lluvias se reparten irregularmente produciéndose de manera concentrada.

A partir de los datos de temperatura de esta estación se ha obtenido que la media anual es de 14,6°C, con oscilaciones térmicas altas (pasa de 24,7°C en julio a 5,4°C en enero).

Temperaturas medias mensuales completadas (°C)

Estación 9910	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
Media	15,4	9,3	5,8	5,4	7,3	10,4	13,2	16,8	21,5	24,7	24,2	21,1	14,6
D. Típica	1,5	1,5	2,1	2,0	1,9	1,5	1,3	1,5	1,4	1,5	1,3	1,9	0,7

La evapotranspiración potencial según el método de Thornthwaite tiene los siguientes valores:

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
ETP (mm) (1955-69)	54	20	9	10	12	34	50	91	122	157	143	97	799

Durante más de la mitad del año existe déficit en el balance de agua en el suelo. No obstante, hay que tener en cuenta la importante superficie de regadíos en la hoja que cubren, en muchos casos, excesivamente las necesidades hídricas.

Siguiendo la clasificación agroclimática de J. Papadakis el clima de Lanaja es mediterráneo continental templado, con invierno avena fresco, verano arroz y régimen de humedad mediterráneo seco.

5.2.2. **Hidrología**

Toda la superficie de la hoja está incluida en la Cuenca del Ebro. Se pueden distinguir 3 subcuenca según la clasificación decimal de ríos del M.O.P.U.

La mayor parte de la hoja es tributaria del río Flumen. El borde de la Sierra de Alcubierre marca la divisoria entre el Río Cinca y una serie de barrancos que vierten sus aguas directamente al Ebro, según una dirección NE-SO.

En la parte occidental de la hoja y siguiendo prácticamente el límite provincial entre Zaragoza y Huesca, se encuentra la división entre la cuenca del Río Cinca y la del Río Gállego.

Todos los cursos de agua presentes excepto el Río Flumen son de carácter efímero. Solamente funcionan en las épocas lluviosas y se pierden por infiltración al contactar con los glaciares de elevada permeabilidad.

No existe ninguna estación de control de caudales ni de calidad.

5.2.3. **Características hidrogeológicas**

Aunque en esta zona no hay definido ningún sistema acuífero a nivel local son interesantes hidrogeológicamente los depósitos cuaternarios, fundamentalmente glaciares y las facies canalizadas de la Formación Sariñena.

5.2.3.1. *Depósitos cuaternarios*

Dentro de estas formaciones la mayor parte están asociadas a glaciares de gran extensión que siguen una dirección SO-NE partiendo del borde septentrional de la sierra de Alcubierre. Existen otras menos importantes que parten de la sierra hacia el sur.

Estos glaciares tienen una potencia aproximada de 15-16 m y su composición es de cantes y gravas con matriz limo-arcillosa. En ellos se pueden distinguir 3 niveles y todo el conjunto queda colgado sobre los materiales terciarios de naturaleza prácticamente impermeable.

Los otros depósitos cuaternarios presentes en la hoja son de origen fluvial y consisten en las terrazas y llanura de inundación del Río Flumen además de los aluviales y fondos de valle asociados a los barrancos.

La litología es básicamente la misma que los glaciares pero no ocupan grandes extensiones sino que se trata de depósitos alargados encajados en los materiales terciarios.

La permeabilidad asociada a estas formaciones puede considerarse globalmente elevada aunque con variaciones espaciales importantes según la proporción de materiales finos y gruesos.

La recarga de estos acuíferos se realiza por infiltración directa de la lluvia, de los excedentes de regadío y por los aportes de los barrancos que enlazan directamente con las superficies de los glaciares.

OCTANTE	NATURALEZA (*)				CAUDAL MEDIO (m/h)			PROF. MEDIA		Nº TOTAL PUNTOS
	M	P	S	P	M	P	S	P	S	
1	2	2	—	—	0,2	—	—	—	—	4
2	—	7	—	—	—	—	—	6,6	—	7
3	3	17	—	—	0,4	—	—	8,8	—	20
4	3	—	—	2	0,5	—	—	—	—	5
5	1	2	—	—	—	—	—	8	—	3
6	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
7	2	1	—	—	2,2	—	—	12	—	3
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total hoja	11	30	—	2	0,8	—	—	8,8	—	43

(*) Naturaleza M – Manantial

P – Pozo

S – Sondeo

O – Otros: balsas, galerías, ...

Fig. 13. Cuadro resumen del inventario de puntos de agua.

La descarga principal son los manantiales que surgen en el contacto con materiales terciarios de naturaleza impermeable. La extracción es mínima y se realiza a través de pozos abiertos.

La dirección de flujo es hacia el noreste. Coincidien prácticamente la divisoria de cuencas superficiales y subterráneas.

Dado el poco volumen de estos acuíferos, la descarga a nivel basal y la escasa magnitud de la recarga, las reservas pueden considerarse nulas y los recursos muy limitados.

La mayoría de puntos de agua registrados son pozos excavados de escasa profundidad sin equipo de bombeo. Muchas estas captaciones están actualmente en desuso. Los que aún son funcionales sirven para el abrevamiento ocasional de rebaños de ovejas.

5.2.3.2. Areniscas terciarias

La existencia de cuerpos tabulares de arenisca de gran continuidad y de paleocanales dentro de la Formación Sariñena puede tener cierto interés con vistas a las aguas subterráneas.

5.3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES

En la Hoja de Lanaja pueden diferenciarse, atendiendo a los aspectos litológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos de los materiales que la constituyen, tres áreas de comportamiento geotécnico diferente. El área I comprende los depósitos terciarios con predominio de facies detríticas. El área II comprende los depósitos terciarios constituidos por una alternancia de margas y calizas con tramos con predominio de yesos. Constituyen los relieves de la Sierra de Alcubierre. El área III comprende los depósitos cuaternarios, formados por gravas, arenas, arcillas y limos generalmente. Estas, a su vez, se han subdividido en zonas que engloban distintas unidades cartográficas del mapa geológico.

En el cuadro resumen de la Fig. 14 se han diferenciado las características geotécnicas más importantes de los materiales de la hoja.

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

La Hoja de Lanaja se sitúa dentro del sector central, el cual se caracteriza por una gran homogeneidad desde el punto de vista geológico y fisiográfico, de manera que los P.I.G. resultantes en cada hoja deben entenderse en el ámbito y a la escala de ese sector central.

Con el conocimiento previo de la geología de la hoja de Lanaja y de su importancia dentro del sector central de la Cuenca del Ebro se estableció una selección de posibles P.I.G. usando un método directo de subjetividad compartida (CLAVER et al., 1984) entre los distintos técnicos que han contribuido a la realización de esta hoja.

De esta primera selección se han escogido un total de 6 P.I.G. Todos ellos poseen un marcado contenido sedimentológico, estratigráfico y en algunos casos paisajístico. La utilización que se propone es fundamentalmente científico-didáctica y su importancia se considera regional o local.

Usando el anterior criterio de selección se han sometido los P.I.G. iniciales a un segundo análisis.

El resultado son los P.I.G. que a continuación se exponen, escogidos por considerar que son los que mejor representan la geología de la hoja y de parte del sector central de la Cuenca del Ebro.

P.I.G. Nº 1

Los paleocanales de Lanaja constituyen un excelente ejemplo fósil, de alto valor didáctico, del funcionamiento de un curso fluvial meandriforme. Muestran gran variedad de estructuras sedimentarias, tanto en corte como en planta. Por otra parte se presentan en afloramientos muy característicos al norte de la Sierra de Alcubierre: laderas coluvionadas y acaravadas coronadas por potentes paquetes de arenas.

AREAS	ZONAS	UNIDADES CARTOG.	LITOLOGIA	ESTRUCTURA	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
I	I ₁	(1) y (2)	Arcillas rojizas con capas de areniscas intercaladas	Capas y bancos sub-horizontales de pendientes suaves	Facilmente ripable, excepto los bancos potentes de areniscas. Drenaje tanto superficial como profundo deficiente. Posibilidad de agresividad de las aguas
	I ₂	(3) y (5)	Margas y arcillas con niveles centimétricos de areniscas y calizas	Capas sub-horizontales de pendientes suaves	Conjunto impermeable, riesgo de encharcamientos. Ripable. Capacidad de carga moderada, de media a baja. Materiales fácilmente erosionables
	I ₃	(4), (6) y (7)	Yesos nodulares y acintados, con niveles	Capas sub-horizontales de pendientes suaves	Semejante a la I ₂ . Agresividad de las aguas por presencia de yeso
	II ₁	(12)	Yesos estratiformes y margas yesíferas intercaladas	Estratificación sub-horizontal con suaves ondulaciones	Problemas de disolución. Agresividad a los hormigones. No ripable.
II	II ₂	(9), (11) y (14)	Margas, margocalizas, areniscas, calizas y yesos	Capas sub-horizontales de pendientes suaves	Altamente ripables. Conjunto impermeable. Capacidad de carga moderada, entre media y baja. Materiales fácilmente erosionables. Agresividad a los hormigones
	II ₃	(8), (10), (13) y (15)	Calizas y margas alternantes	Disposición horizontal y estratificación homogénea	Problemas de ripabilidad en los niveles de caliza. Posibles desprendimientos de caliza. Buen drenaje superficial. Pequeños manantiales por la permeabilidad diferencial entre calizas y margas
	III ₁	(18) y (20)	Gravas y cantos con matriz limo-arcillosa	Estructura tipo glacis con pendientes de 5*-10*	Taludes inestables. Ripabilidad alta. Permeabilidad baja
	III ₂	(16), (17) y (21)	Cantos y gravas con arenas, limos y arcillas	Presentan morfología de terrazas	Perfectamente ripable. Admite taludes verticales. Materiales permeables
III	III ₃	(19)	Lutitas con materia orgánica	Materiales de sedimentación endorreica	Baja permeabilidad y mal drenaje superficial. Puede presentar problemas de agresividad por la presencia de yeso
	III ₄	(22)	Gravas, arenas y limos en proporción variable	Llanuras de inundación	Zona inundable y encharcable con drenaje superficial y profundo muy bajo
	III ₅	(23)	Gravas, arenas y limos	Mantos aluviales de estructura plana	En general presentan características geotécnicas aceptables, aunque localmente pueden presentar superficies de encharcamiento. En zonas determinadas puede haber peligro de asientos importantes

Fig. 14. Cuadro resumen de las características geotécnicas de los materiales de la hoja de Lanaja.

Las capas estromatolíticas de la Sierra de Alcubierre son el resultado de procesos bastante generalizados durante la sedimentación de la Unidad de Alcubierre, que indican una lámina de agua muy somera y periódicamente efímeros. Por otra parte, al hallarse la mayoría de ellas silicificadas, constituyen el mejor indicio de evolución diagenética para esta unidad.

7. BIBLIOGRAFIA

- 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.
- ALBERTO, F.; GUTIÉRREZ, M.; IBÁÑEZ, M. J.; MACHÍN, J.; PEÑA, J. L.; Pocovi, 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.
- ALVAREZ-SIERRA, M. A.; DAAMS, R.; LACOMBA, J. I.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, N.; VAN DER MEULEN, A. J.; SESE, C. Y DE VISSER, J. (1990). Paleontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta. Geologica.* 94: 75 pp.
- ANADÓN, P.; CABRERA, L.; COLOMBO, F.; MARZO, M. y RIBA, O. (1986). "Syntectonic intradefor-mational unconformities in alluvial fan deposits. Eastern Ebro Basin margins (NE Spain)". In: Ph. Allen and P. Homewood (eds.). *Foreland basins. Spec. Publ. I.A.S.*, 8: 33-45.
- 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. *Paleontología i Evolució* T.21, pp. 117-131.
- ARENAS, C. y PARDO, G. (1991). Significado de la ruptura entre las Unidades Tectosedimentarias N2 y N3 en el centro de la Cuenca del Ebro. *Geogaceta*, 9, pp. 67-70.
- AZANZA, B.; CANUDO, J. I. y CUENCA, G. (1988). Nuevos datos bioestratigráficos del Terciario continental de la Cuenca del Ebro (sector centro-occidental). II Congreso Geológico de España. Granada. Vol. 1, pp. 261-264.
- CLAVER, I.; ANGUILO, M.; ARAMBURU, M. P.; AYUSO, E.; BLANCO, A.; CALATAYUD, T.; CENAL, M. A.; CIFUENTES, P.; ESCRIBANO, R.; FRANCÉS, E.; GLARIA, G.; GONZÁLEZ, S.; LACOMA, E.; MUÑOZ, C.; ORTEGA, C.; OTERO, S.; RAMO, A. y SAIZ DE OMEÑALA, M. G. (1984). Guías para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. Manuales CEOTMA. nº 3, MOPU. Madrid, 572 p.
- CUENCA, G. (1991 a). Nuevos datos bioestratigráficos del sector oriental de la Cuenca del Ebro. I Congreso del grupo Español del Terciario, CONGET'91. VIC. pp. 97-100.

- CUENCA, G. (1991 b). Nuevos datos bioestratigráficos del Mioceno del sector central de la Cuenca del Ebro. I Congreso del grupo Español del Terciario CONGET'91. VIC, pp. 101-104.
- CUENCA, G.; AZANZA, B.; CANUDO, J. I. y FUERTES, V. (1989). Los micromamíferos del Mioceno inferior de Peñalba (Huesca). Implicaciones bioestratigráficas. *Geogaceta*, nº 6, pp. 75-77.
- CUENCA, G., CANUDO, J. I., LAPLANA, C. y ANDRÉS, J. A. (1992). Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geol. Hisp.*, v 27 (1-2), pp. 127-143.
- ENADIMSA (1984). Investigación de lignitos en el área de Mequinenza (Zaragoza, Huesca, Lérida) (inédito).
- ENRESA (1989). Estudio de las formaciones favorables de la región del Ebro y Pirineo alótomo (E.R.A.) (inédito).
- 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.
- IGME (1975a). Estudio geológico y minero del área lignítifera de Calaf (inédito).
- IGME (1975b). Proyecto de investigación de radioactivos del área lignítifera y uraninífera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1976). Área lignítifera y uraninífera de Mequinenza (Lérida-Tarragona, Huesca y Zaragoza) (inédito).
- IGME (1981a). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario de Pamplona-Zaragoza (inédito).
- IGME (1981b). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario del sector de Benabarre-Igualada (inédito).
- IGME (1985). Prospección previa de lignitos en el área de Pinós-Molsosa (Lérida-Barcelona) (inédito).
- IGME (1986). Prospección previa de lignitos en el área de Bages-Moianes (Barcelona) (inédito).
- IGME (1987). Síntesis Geológico-Minera de los carbones del noreste peninsular (inédito).
- J.E.N. (1977a). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraniníferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).

- J.E.N. (1977b). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraniníferas 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.
- MITCHUM, R. M. (1977). "Seismic stratigraphy and global changes of sea level., Part 1: Glossary of terms used in seismic stratigraphy, in C.E. Payton, ed., Seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration". AAPG. Memoir 26, pp. 205-212.
- PEDROCCHI, C.; IBÁÑEZ, M. J.; ASCASO, A.; PUIGDEFABREGAS, J.; GARCÍA-RUIZ, J. M.; CREUS, J.; GÓMEZ, D.; MONTSERRAT, G.; BARRIENTOS, J. A.; VICENTE, M. C.; ESPADALER, X.; VIVES, J. Y FALCÓN, J. M. 1986. Estudio multidisciplinar de la laguna Sariñena (Huesca). Colección de Estudios Altoaragoneses, 6, 167 pp. Instituto de Estudios Altoaragoneses, Huesca.
- 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. Sanchez eds. Sistemas lacustres neógenos del margen ibérico de la Cuenca del Ebro. Guía Campo III. Reunión Grupo Especial de Trabajo. PICG 219: 7-20.
- PUIGDEFABREGAS, C.; MUÑOZ, J. A. y MARZO, M. (1986). Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequence in the southern foreland basins. Sper. Publs. Int. Ass. Sediment. 8, pp. 319-336.
- QUIRANTES, J. (1969). Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros. Tesis Doctoral. Univ. Granada. Publicada por la Institución "Fernando El Católico" (CSIC) de la Diputación Provincial de Zaragoza, 1978. 200 p.
- QUIRANTES, J. (1971). Las calizas en el Terciario Continental de Los Monegros. Estudios Geológicos, vol. XXVII (4), pp. 355-362.
- RIBA, O. (1955). El Terciario continental de la Rioja alta y de la Bureba. Informe nº 97, CIEP-SA (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. (2^a 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. M^a Ríos. Geología de España, T.2, I.G.M.E., pp. 131-159.

- RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1986). Deformaciones recientes en los depósitos cuaternarios de la Puebla de Alfindén (Zaragoza). *Boletín Geológico y Minero*, T. XCVII-I, pp 3-8.
- SIMÓN, J. L. (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.
- ZUIDAM, R. A. VAN (1976). Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain. Int. Inst. of Aerial Survey and Earth Sc. (ITC), Enschede, 211 p.