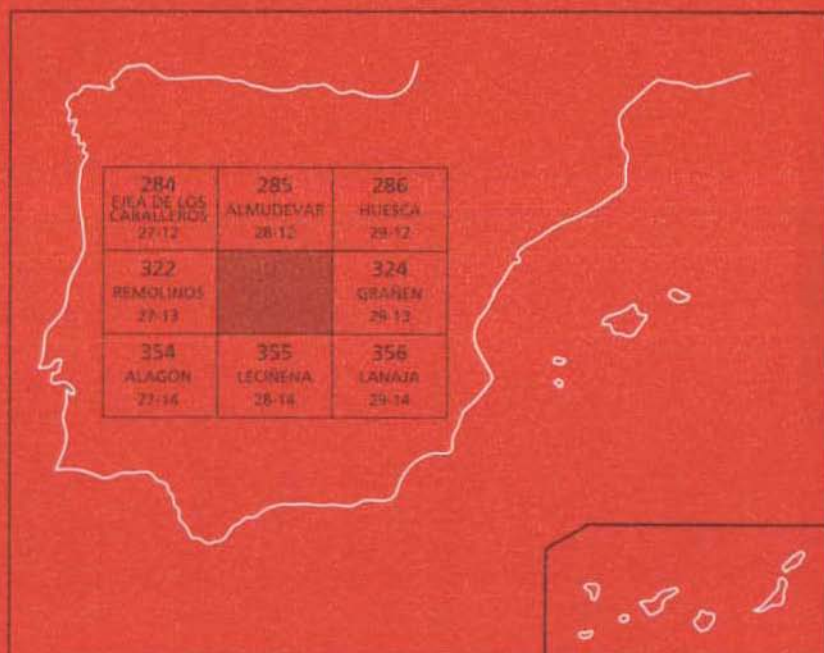




MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie - Primera edición



ZUERA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA

ZUERA

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

✦

Depósito Legal: M.-21.952-1995

ISBN: 84-7840-222-5

NIPO: 241-95-005-0

Fotocomposición: Cartografía Madrid, S. A.

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Zuera (323) han sido realizados, durante 1990 y 1991 por la Compañía General de Sondeos S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

Mapa Geológico:

C. Soriano, M. Alvaro, I. Ortega y A. Hernández (CGS)

Mapa Geomorfológico:

G. Benito, M. Gutiérrez Elorza y C. Sancho Marcén (Univ. de Zaragoza)

Memoria:

Estratigrafía

A. Hernández, A. Salazar y A. del Olmo (CGS)

Geomorfología

G. Benito, M. Gutiérrez Elorza y C. Sancho Marcén (Univ. de Zaragoza)

Tectónica

J. J. Navarro (CGS)

Neotectónica

J. L. Simón (Univ. de Zaragoza) y J. J. Navarro (CGS)

Hidrogeología

R. Rodríguez Santisteban y F. J. Almoguera (CGS)

Geología Económica

A. García Villar (CGS)

Han colaborado en aspectos parciales:

Estratigrafía

A. Hernández (CGS)

Petrografía

A. del Olmo (CGS)

Micropaleontología

J. Ramírez del Pozo

Micromamíferos

G. Cuenca (Univ. Zaragoza)

Normalización del Mapa Geomorfológico

J. Fernández-Gianotti y A. Martín-Serrano (ITGE)

Dirección del Estudio:

A. Barnolas y A. Robador

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

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

INDICE

	<i>Páginas</i>
0. INTRODUCCION.....	9
1. ESTRATIGRAFIA	11
1.1. Terciario.....	12
1.1.1. Unidad Galocha-Ontiñena	12
1.1.1.1. Arcillas y capas tabulares de areniscas (1). Ageniense	16
1.1.1.2. Capas tabulares de calizas oscuras (2). Ageniense.....	18
1.1.2. Unidad Bujaraloz-Sariñena (Tardienta).....	18
1.1.2.1. Alternancia de arcillas con yesos nodulares y acintados y areniscas (3). Ageniense-Aragoniense	19
1.1.2.2. Alternancia de yesos tabulares y arcillas grises (4). Ageniense-Aragoniense	21
1.1.3. Unidad Remolinos-Lanaja (Zuera)	21
1.1.3.1. Areniscas de aspecto casi tabular, arcillas y algunas calizas oscuras (5). Aragoniense.....	24
1.1.3.2. Margas y tablas de caliza, localmente con yesos nodulares (6). Aragoniense	24
1.1.3.3. Yesos masivos tabulares (7). Aragoniense	25
1.1.3.4. Calizas gris oscuro, margas y arcillas (8). Aragoniense	25
1.1.4. Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora (Santa Elena).....	27
1.1.4.1. Arcillas y margas varioladas con capas de areniscas y calizas (9). Aragoniense.....	27
1.1.4.2. Margas, arcillas y yesos. Areniscas en la base (10). Aragoniense.....	28
1.1.4.3. Yesos y margas grises. Calizas a techo. (11). Aragoniense	29
1.1.4.4. Calizas y margas (12). Aragoniense.....	29
1.1.5. Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón (Puisoro).....	30
1.1.5.1. Margas y arcillas varioladas, con canales de areniscas en la base (13). Aragoniense	33

	<i>Páginas</i>
1.1.5.2. Alternancia de margas y calizas (14). Aragoniense	34
1.1.5.3. Margas y yesos (15). Aragoniense	34
1.2. Cuaternario.....	35
1.2.1. Pleistoceno	35
1.2.1.1. Conglomerados de bloques, cantos redondeados, gravas y arenas de rocas ígneas y metamórficas. Terrazas del río Gállego (14, 16, 18, 19, 20 y 22)	35
1.2.1.2. Limos, arenas y arcillas. Depósitos de llanura de inundación. Pleistoceno (15 y 17)	35
1.2.1.3. Gravas de calizas terciarias, arenas, limos y arcillas. Glacis (23). Pleistoceno	36
1.2.2. Holoceno	36
1.2.2.1. Bloques, cantos, gravas de rocas ígneas y metamórficas y arenas. Barras y depósitos de canal del río Gállego (21 y 22). Gravas, limos, arenas y arcillas. Llanura de inundación del río Gállego y lecho mayor (24 y 25). Holoceno (actual)	36
1.2.2.2. Arcillas y limos. Zonas endorreicas (27). Holoceno	36
1.2.2.3. Limos, arcillas, arenas y gravas angulosas: glacis subactuales y coluviones (26 y 29). Limos, arcillas, arenas y gravas: depósitos aluviales-coluviales, rellenos de "vales" y conos de deyección (28, 30 y 31)	36
2. TECTONICA	37
2.1. Marco tectónico regional	37
2.2. Descripción de la estructura	37
2.3. Evolución tectónica	38
2.4. Neotectónica.....	38
3. GEOMORFOLOGIA.....	39
3.1. Descripción fisiográfica	39
3.2. Análisis geomorfológico	40
3.2.1. Estudio morfoestructural.....	40
3.2.2. Estudio del modelado	41
3.2.2.1. Modelado fluvial.....	41
3.2.2.2. Laderas.....	42
3.2.2.3. Formas endorreicas	43
3.2.2.4. Formas kársticas	43
3.2.2.5. Formas poligénicas	44
3.3. Formaciones superficiales.....	45
3.4. Evolución dinámica (Historia geomorfológica)	45
3.5. Morfodinámica actual y/o subactual.....	46
4. HISTORIA GEOLOGICA.....	47

	<i>Páginas</i>
5. GEOLOGIA ECONOMICA	49
5.1. Recursos minerales.....	49
5.1.1. Minerales no metálicos	49
5.1.1.1. Aspectos generales	49
5.1.1.2. Descripción de los materiales	50
5.1.2. Rocas industriales	50
5.1.2.1. Aspectos generales y descriptivos	50
5.2. Hidrogeología	50
5.2.1. Climatología	53
5.2.2. Hidrología.....	55
5.2.3. Características hidrogeológicas	56
5.2.3.1. Aluvial del río Gállego.....	56
5.2.3.2. Otros materiales cuaternarios.....	57
5.2.3.3. Formaciones yesíferas terciarias.....	57
5.2.3.4. Hidroquímica	58
5.3. Características geotécnicas generales	58
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.)	63
7. BIBLIOGRAFIA	64

0. INTRODUCCION

La Hoja de Zuera se halla situada en el sector central de la Depresión del Ebro, al norte de la ciudad de Zaragoza y al sur de Huesca; en el valle del río Gállego, afluente del Ebro. El territorio de esta hoja forma parte de las provincias de Huesca y Zaragoza y por lo tanto del Sector Central o Aragonés de la citada Depresión del Ebro.

El relieve que presenta el territorio no es muy abrupto. En el meridiano de la localidad de Zuera es donde se hallan las cotas topográficas más bajas, correspondientes a la llanura aluvial del río Gállego. Los máximos relieves se hallan ubicados hacia el este, donde se encuentra el punto más elevado de la hoja, Corona de la Reina (629 m). El río Gállego cruza la Hoja de Zuera, de norte a sur, en su parte occidental. Al oeste de este afluente del río Ebro se alzan las primeras estribaciones de los Montes de Castejón y al este, ocupando prácticamente la mitad oriental de la hoja, el extremo noroccidental de la Sierra de Alcubierre. Superficies muy extensas, llanas o alomadas, enlazan los relieves de las sierras adyacentes con la zona del río.

El modelado que resulta de la distribución de facies típica de zonas medias-distales de abanicos aluviales, consiste en un relieve de cuestras y mesas disectado por la red fluvial, para la zona con predominio de sedimentos carbonatados. Cuando las facies son evaporíticas el relieve es alomado. En los bordes se da el típico relieve en "mallos" y "hoyas" con alguna superficie estructural correspondiente a capas de arenisca. En el borde meridional está mucho menos desarrollado.

Las principales "vales" (nombre local con que se conoce a los barrancos) drenan hacia el río Gállego, excepto aquellas ubicadas en el extremo noroeste de la hoja que lo hacen hacia el Flumen.

El clima es mediterráneo con carácter continental, con marcadas oscilaciones térmicas anuales. Las nieblas son frecuentes en invierno, las precipitaciones escasas y estacionales. En verano hay una fuerte insolación.

Tanto en la Sierra de Alcubierre como en los Montes de Castejón afloran calizas y arcillas en

las partes más altas y yesos y arcillas en las más bajas. Las extensas llanuras antes mencionadas se corresponden litológicamente con terrazas del río Gállego y glaciares cuaternarios procedentes de las sierras.

El tipo de litología aflorante, el clima, la escasez de vegetación y el mal drenaje existente (los ocasionales arroyos que discurren por las vales no tienen la energía suficiente para desalojar el material erosionado de las sierras, el cual se acumula en las mismas vales) condicionan el uso que del suelo se ha hecho en la hoja. Las zonas con depósito cuaternario (terrazas, glaciares y vales) están destinadas al cultivo de cereales. Las zonas donde aflora el sustrato terciario se usan como terreno de pasto para ganado ovino.

La densidad de población es baja a moderada. Los principales núcleos de población son Zuera y Tardienta, por este orden. Existen otros núcleos creados en los años 60 (Ontinar de Salz, El Temple) con la intención de potenciar la actividad agrícola en la zona.

Los materiales presentes pertenecen al Terciario (Mioceno) y Cuaternario. Los materiales del Terciario muestran una amplia variabilidad composicional al presentar facies medias de los sistemas aluviales que han proporcionado el sedimento; presentando un modelo clásico de relleno de cuenca con facies detríticas en las zonas de borde y de precipitación química en el centro. Durante el Cuaternario se realiza la exhumación y erosión de estos materiales terciarios.

La tectónica ha afectado de forma muy tenue estos materiales por lo que la disposición general del sedimento terciario es subhorizontal con suave buzamiento (1° a 2°) al sur y suroeste.

El área cartografiada, se halla en la parte centro-septentrional 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 (Puigdefàbregas *et al.*, 1986), actuando, en este área, como centro de depósito de materiales continentales procedentes del desmantelamiento de las cordilleras circundantes: del Pirineo, situado al norte y de la Sierra Ibérica, situada hacia el sur y suroeste. Dentro de la zona estudiada se halla representada, tan sólo, un área de aporte por lo que todos los materiales presentes en la hoja son de procedencia pirenaica pertenecientes, concretamente, a los Sistemas de Huesca, al este, y de Luna, al oeste (Hirst, 1983; Nichols, 1984).

Entre los trabajos previos relativos a la cartografía geológica de la Cuenca endorreica del Ebro cabe citar a los de Riba (1955 y 1961) para el sector occidental de la Cuenca (Corredor de la Bureba y subcuencas de Miranda y de Treviño), el de Quirantes (1969, publicado en 1978) para el sector central de la Cuenca, los de la J.E.N. (1977) para la mitad septentrional de los sectores central y oriental de la Cuenca, los del IGME (1975, 1985) en las cuencas ligníferas de Calaf y Mequinenza, el de la J.E.N. (1979-81) para el sector sur-oriental y el de Riba (1967) para el sector nor-oriental. Trabajos posteriores IGME (1981) y ENRESA (1989) representaron, desde la perspectiva que nos ocupa, reelaboraciones de las cartografías geológicas anteriormente citadas, con aplicación de nuevos criterios cartográficos pero sin un trabajo de campo considerable, o bien, en otros casos aportaciones cartográficas importantes de áreas (lacustres) más localizadas (IGME, 1975, 1976, 1985, 1986, 1987; ENADIMSA, 1984). Por el contrario las hojas MAGNA elaboradas con posterioridad a las Hojas piloto, especialmente las de Cataluña

(Pons, Cardona, Puigreig, Calaf) constituyen valiosas aportaciones al conocimiento estratigráfico y sedimentológico de sus materiales.

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

Para el estudio de la hoja de Zuera además de la cartografía geológica, se han realizado diversos perfiles estratigráficos y cortes geológicos para una mejor comprensión de la evolución vertical y lateral de las unidades cartografiadas y se han tomado muestras para su estudio en lámina delgada con el fin de apoyar las interpretaciones sedimentológicas. Por último se ha llevado a cabo un estudio micropaleontológico de algunos horizontes del Terciario susceptibles de poseer fauna útil para su datación.

1. ESTRATIGRAFIA

En la hoja de Zuera se hallan presentes parte de los materiales de edad miocena que colmataron la parte central de la Cuenca del Ebro.

Los sedimentos detríticos tienen una representación muy reducida en el ámbito de la hoja. Tomando en consideración la naturaleza de los materiales presentes en el territorio, se pueden distinguir tres grandes dominios litológicos. En el margen occidental y en el extremo nor-oriental se hallan presentes sedimentos carbonatados de origen lacustre-palustre. En el cuadrante sur-oriental aflora una alternancia de niveles constituidos por sedimentos margo-carbonatados y evaporíticos correspondientes a ambientes lacustre-palustre y de lago salino respectivamente. Finalmente en el resto de la hoja, y ocupando la mayor parte de ella, se encuentran sedimentos margo-evaporíticos y evaporíticos correspondientes a margen de lago salino y a lago salino.

De esta forma, en la hoja se observa una evolución lateral de facies, continua y gradual, que se realiza desde la parte norte, donde se encuentran las facies más proximales, hasta la parte sur, donde se desarrollan los materiales correspondientes a las facies más distales presentes en la hoja (fig.1 y 2).

Los sistemas deposicionales aluviales que han proporcionado los materiales terrígenos presentes en el territorio son: el Sistema de Huesca (Hirst, 1983), que aportó el material representado en la parte oriental de la zona y, el Sistema de Luna (Nichols 1984) que aportó el material representado en la parte occidental del área ocupada por la hoja.

En la mitad meridional se observa la interdigitación de los sedimentos detríticos aluviales, los carbonatados lacustre-palustres y los evaporíticos. Esta interdigitación permite observar una ordenación vertical rítmica de los sedimentos en este sector. Cada uno de estos ritmos está constituido por sedimentos aluviales distales en la base y por sedimentos lacustre-palustres a

techo. El límite entre cada ritmo es un cambio rápido de facies, mientras que el tránsito de unos sedimentos a los superiores, dentro del propio ciclo, se produce de forma progresiva.

El estudio de esta ritmicidad ha permitido distinguir dentro de la zona, cinco secuencias que se han denominado unidades genético-sedimentarias. La correlación de los límites de estas unidades hacia el sur, ha permitido diferenciarlas en sectores más cercanos al centro de la cuenca, donde todo el sedimento presente va evolucionando a facies de margen de lago salino y de lago salino. De la misma forma, la cartografía de estos límites, hacia áreas relativamente marginales de la cuenca, donde solamente existen facies detríticas, ha permitido distinguir los ambientes de abanico aluvial distal que corresponden a cada una de estas unidades.

Trabajando bajo este punto de vista, se han diferenciado, en la parte central de la cuenca del Ebro, un total de veinte unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendida entre el Priabonense y el Aragoniense-Vallesiense. De todas éstas sólo cuatro se hallan presentes en la hoja con una edad comprendida entre el Mioceno inferior (Ageniense superior) y el Mioceno medio (Aragoniense). Estas unidades reciben, de base a techo, los nombres de: Unidad Galocha-Ontiñena, Unidad Bujaraloz-Sariñena (Tardienta), Unidad Remolinos-Lanaja (Zuera), Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora (Santa Elena) y Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón (Puisoro). Las dos unidades que tienen una mayor extensión de afloramiento son la Unidad Remolinos-Lanaja y la Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora, por lo tanto son éstas en las que se puede observar mejor la evolución de sus facies.

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 Pérez *et al.* (1988) y por Arenas y Pardo (1991).

Los materiales cuaternarios poseen una buena representación y ocupan una extensa superficie en la hoja aunque su espesor es siempre pequeño. En general, comprenden desde el Pleistoceno inferior hasta el Holoceno.

1.1. Terciario

1.1.1. Unidad Galocha-Ontiñena

Esta unidad únicamente aflora en el extremo nor-oriental de la zona de estudio, al NE de la población de Tardienta. Está formada, en la base, por depósitos pelítico-areniscosos de carácter fluvial distal, de procedencia ENE (*Huesca system* de Hirst, 1983), y en el techo por sedimentos carbonatados de carácter lacustre-palustre.

El espesor total de esta unidad no se ha podido medir en ninguna de las columnas estudiadas. En el territorio comprendido en la hoja tan sólo afloran los 25 m superiores, mientras que su potencia total en la vecina hoja de Almodóvar (28-12) supera los 100 m.

EDAD			UNIDADES GENETICO- SEDIMENTARIAS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS Quirantes, 1969		DESCRIPCION DE LAS LITOLOGIAS HOJA DE ZUERA	YACIMIENTOS PALEONTOLOGICOS
SERIE	PISO	U. MEIN					
MIOCENO	ARAGONIENSE	Mn-7	U. Sierra de Lanaja- Montes de Castejón	Fm . Zaragoza	Fm Alcubierre	15.- Margas y yesos 14.- Alternancia de margas y calizas 13.- Margas y arcillas varioladas, con canales de areniscas en la base.	• Corona de la Reina
		Mn-6					
		Mn-4b	U. Sierra de Pallaruelo- Montes de la Sora		Fm Sariñena	12.- Calizas y margas 11.- Yesos y margas grises Calizas a techo 10.- Margas, arcillas y yesos Areniscas en la base 9.- Arcillas y margas varioladas con capas de areniscas y caliza	
		Mn-4a	U. Remolinos-Lanaja			8.- Calizas gris oscuro, margas y arcillas 7.- Yesos masivos tabulares 6.- Margas y tablas de calizas, localmente con yesos nodulares 5.- Areniscas de aspecto casi tabular, arcillas y algunas calizas oscuras	
	AGEN.	Mn-3b Mn-3a	U. Bujaraloz-Sariñena		4.- Alternancia de yesos tabulares y arcillas grises 3.- Alternancia de arcillas con yesos nodulares y acintados y areniscas.	• Peñalba	
		Mn-2b	U. Galocha-Ontiñena		2.- Capas tabulares de calizas oscuras 1.- Arcillas y capas tabulares de areniscas		• • La Galocha

Fig.1. Cuadro sintético de los materiales de la hoja de Zuera

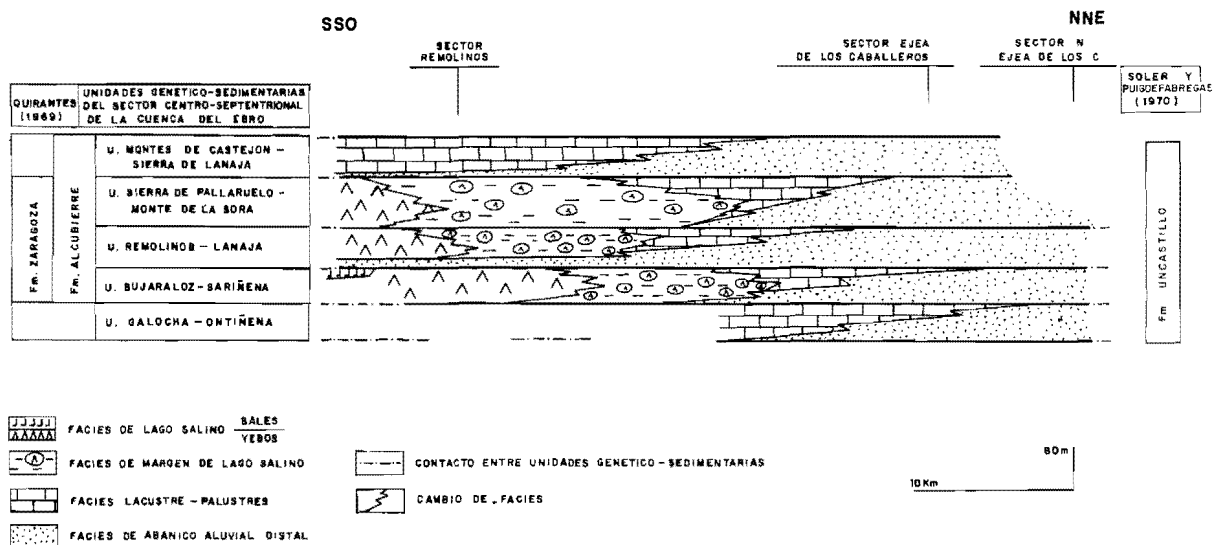


Fig. 2. Modelo secuencial de las unidades genético-sedimentaria miocenas en el sector noroccidental de la parte aragonesa de la cuenca del Ebro

EDAD		BIOZONAS MEIN	UTS. PEREZ <i>et al.</i> (1988)	UNIDADES GENETICO-SEDIMENTARIAS	YACIMIENTOS MICROMAMIFEROS ESTUDIADOS EN EL MAGNA EBRO	OTROS YACIMIENTOS DE MAMIFEROS CUENCA DEL EBRO
MIOCENO	VALLESIENSE	MN-10 MN-9	N3	U. SAN CAPRASIO		- Monegrillo (1)
	ARAGONESE	SUP. MN8 MN-7 MN-6	N2	U. SIERRA DE LANAJA- MONTES DE CASTEJON		
		MED. MN-5 MN-4b MN-4a	N1	U. SIERRA DE PALLARUELO- MONTE DE LA SORA		
				U. REMOLINOS-LANAJA		
		INF. MN-3b MN-3a		U. BUJARALOEZ-SARIÑENA		
	AGENIENSE	Mn-2b	T4	U. GALOCHA-ONTIÑENA		
		MN-2a		U. TORRENTE DE CINCA - ALCOLEA DE CINCA		
		MN-1				

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

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

Debido a la escasa área de afloramiento de esta unidad en la hoja no se puede observar su evolución espacial y temporal, sin embargo se ha podido observar su evolución en áreas próximas (fig. 4), donde se puede observar su distribución vertical de facies. En la base existe un dominio de los sedimentos detríticos de carácter fluvial, mientras que hacia techo dominan los materiales carbonatados de carácter lacustre-palustre. En este sector las facies aluviales que constituyen la unidad forman parte mayoritariamente del Sistema de Luna (Hirst y Nichols, 1986).

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la Unidad Galocha-Ontiñena se ha caracterizado en la hoja de Sariñena (30-14), donde presenta facies aluviales procedentes del Pirineo y que forman parte del Sistema de Huesca (Hirst y Nichols, 1986). En la parte sur de la misma hoja, las facies aluviales están solapadas por facies carbonatadas de origen lacustre-palustre, que constituyen el techo de la unidad. Hacia el área comprendida en las hojas de Peñalba (30-15), Fraga (31-15), Mequinzenza (31-16) y la parte oriental de la hoja de Bujaraloz (30-16), 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 (30-17), Bujaraloz (parte S) (30-16) y Gelsa (29-16). 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. Estos materiales pasan progresivamente a facies evaporíticas, en el sector comprendido por la zona central de la hoja de Bujaraloz (30-16), la parte septentrional de la hoja de Gelsa (29-16) y el área meridional de la hoja de Castejón de Monegros (29-15).

Los yacimientos de micromamíferos de la Sierra de la Galocha, que se hallan localizados en esta unidad dentro de la hoja de Huesca, son de edad Ageniense (2b en la escala de MEIN) según Alvarez-Sierra *et al.* (1990).

Las facies detríticas de esta unidad forman parte de la Fm. Sariñena (Quirantes 1969); esta formación ha sido estudiada recientemente desde el punto de vista de su significado sedimentológico por Hirst (1983) y Nichols (1984).

Se han cartografiado dos asociaciones de facies en esta unidad.

1.1.1.1. *Arcillas y capas tabulares de areniscas (1).* Ageniense

Esta unidad aflora en la esquina noreste de la hoja, al norte de la localidad de Tardienta. Se trata de una alternancia de arcillas, limos y capas tabulares de arenisca, que muy ocasionalmente pueden incluir capas centimétricas de caliza. Las arcillas y limos son de colores grises, ocre, rojos y verdes. Suelen estar extensivamente bioturbadas y muestran marmorizaciones, concreciones de carbonato y moteados (*mottling*) como signo de los procesos edáficos que las han afectado. Las capas tabulares de arenisca poseen una selección granodecreciente y, ocasionalmente, presentan laminación paralela y *ripples* de corriente.

De la asociación de facies que se ha reconocido puede deducirse que se trata de depósitos de

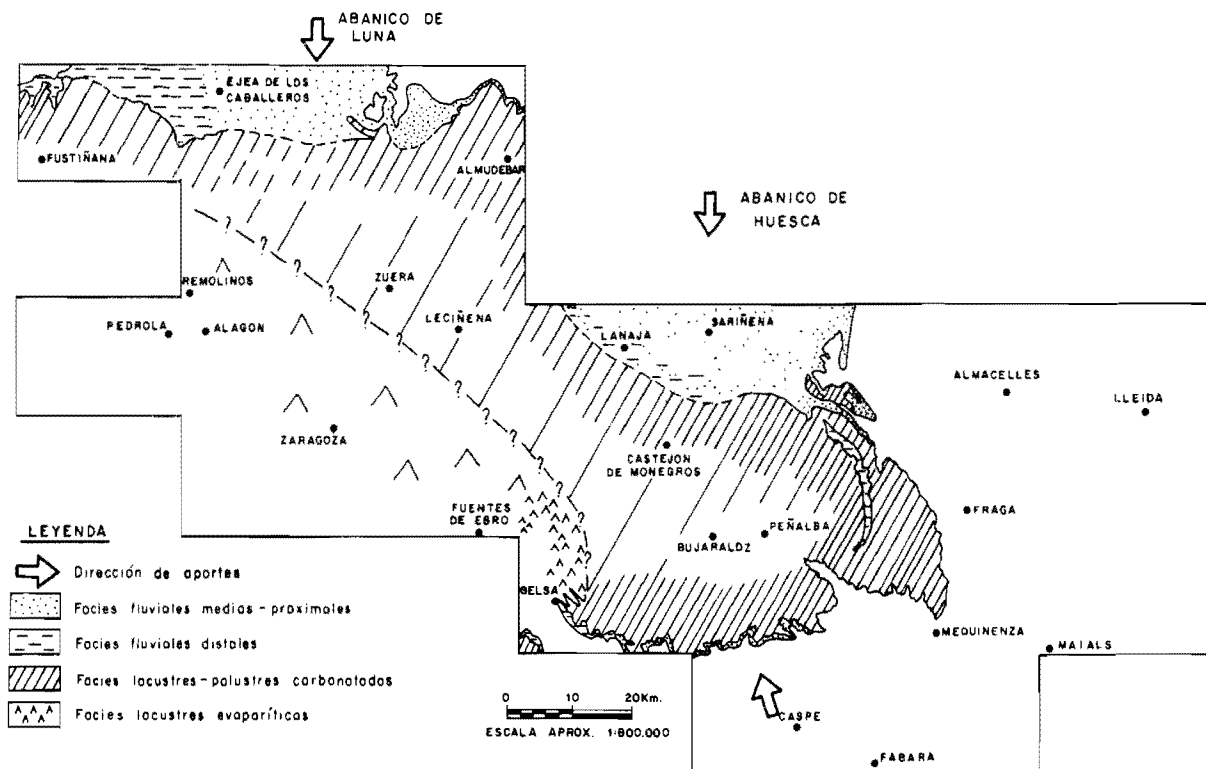


Fig. 4. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Galocha-Ontiñena

llanura de inundación (fig. 9A) en los que las arcillas y areniscas corresponden a depósitos de desbordamiento (*overbank*) y las calizas se desarrollan en zonas de encharcamiento prolongado.

Se atribuye una edad Ageniense a esta unidad, de acuerdo con los datos aportados por Alvarez-Sierra *et al.* (1990) en el yacimiento de la Galocha (biozona 2b de Mein).

1.1.1.2. *Capas tabulares de calizas oscuras* (2). Ageniense

Constituyen los sedimentos con los que culmina la unidad Galocha-Ontiñena en el ámbito de la hoja. Su afloramiento se reduce, al igual que la unidad cartográfica descrita con anterioridad (1), al extremo NE del territorio.

La unidad está compuesta por capas de calizas tabulares, de una extensión kilométrica y una potencia centimétrica-decimétrica y niveles de arcillas rojizas y margas grises. Las calizas son micríticas, incluyen restos fósiles y materia orgánica, bioturbación por raíces (perforaciones cilíndricas verticales) y, ocasionalmente, pueden tener un cierto contenido en limo. Los niveles de arcillas y margas también tienen fósiles: ostrácodos, gasterópodos y caráceas y materia orgánica vegetal carbonizada.

Estas calizas oscuras se clasifican como biomicritas, en las que los fósiles más abundantes son restos de caráceas y ostrácodos y en menor cantidad gasterópodos y bivalvos.

Estos sedimentos se interpretan como depositados en un ambiente lacustre-palustre. Se trataría de zonas inundadas de gran extensión si bien la lámina de agua debía ser poco profunda (fig. 9 B y D).

La edad de esta unidad cartográfica es Ageniense en base a los datos de Alvarez-Sierra *et al.* (1990).

1.1.2. **Unidad Bujaraloz-Sariñena (Tardienta)**

Los sedimentos que constituyen esta unidad afloran en el cuadrante NE de la hoja y en los escarpes del margen oeste del río Gállego, desde el norte de la hoja hasta la localidad de Zuera. Los mejores cortes para observar en detalle los sedimentos de esta unidad, están en La Paul y Tardienta.

Esta unidad genético-sedimentaria está constituida, en la parte basal, por sedimentos arcillosos con areniscas y yesos nodulares, y en su parte superior por yesos tabulares y margas.

La potencia de la Unidad Bujaraloz-Sariñena, dentro del territorio comprendido en la hoja, es superior a los 120 m, puesto que en la columna de Tardienta (01) se ha medido una potencia parcial de 119 m correspondientes a esta unidad. En la columna de La Paul (04) se han medido los 45 m superiores.

El límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria, corresponde al contacto entre las facies carbonatadas y pelíticas que caracterizan la parte superior de la Unidad Galocha-Ontiñena y las facies terrígenas, predominantemente pelíticas, que constituyen la base de la unidad que nos ocupa.

La unidad Bujaraloz-Sariñena ha sido caracterizada en las hojas de Sariñena, Peñalba y Lanaja, en 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 carbonatadas de origen lacustre-palustre (Hernández *et al.*, 1991) (ver Fig. 5). Estas facies, hacia las áreas comprendidas en las hojas de Fuentes de Ebro, Castejón de Monegros, Bujaraloz y Gelsa, situadas respecto a las anteriores hacia el sur y hacia el sureste, pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y a facies de lago salino (Hernández *op. cit.*) (Fig. 5). También ha sido caracterizada en los sectores de Fustiñana, Ejea de los Caballeros y Remolinos en donde, a grandes rasgos, en el norte de estas áreas, en la base está formada por facies aluviales, pertenecientes al Sistema de Luna (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 (Hernández *op. cit.*) (ver Fig. 5).

Según los estudios paleontológicos, realizados en la hoja de Peñalba (30-15) por Azanza, *et al.* (1988) y por Cuenca *et al.* (1989), la parte media-inferior de esta unidad tiene una edad correspondiente al Ageniense mientras que su parte media y superior, corresponde ya al Aragoniense. Estos autores, identifican *Ritteneria manca* en las calizas de Valdeladrones que se sitúan en el tercio inferior de esta unidad. Dicha especie, caracteriza la biozona 2b de Mein (1975), que representa la parte superior del Ageniense.

Esta unidad genético-sedimentaria forma parte de la Fm. Zaragoza de Quirantes (1969). Recientemente ha sido estudiada esta unidad desde el punto de vista petrológico y geoquímico por Mandado (1987).

Se han diferenciado cartográficamente dos litofacies como componentes de esta unidad.

1.1.2.1. *Alternancia de arcillas con yesos nodulares y acintados y areniscas (3).* Ageniense-Aragoniense

Esta unidad está formada por arcillas con yesos nodulares y niveles tabulares de yeso nodular que contienen algunos paleocanales de arenisca. Aflora en el extremo nor-occidental de la hoja, en las cercanías de Tardienta. Constituyen los materiales estratigráficamente más bajos de la unidad Bujaraloz-Sariñena.

El estudio detallado de estas facies se ha realizado en los 65 m basales de la columna de Tardienta (01). Los niveles de arenisca aparecen intercalados entre las arcillas de color gris, ocre y verde. Estos cuerpos tienen un espesor de hasta 50-60 cm. Muestran estructuras sedimentarias poco visibles debido, en parte, a que poseen abundante yeso como cemento. Algunos cuerpos tienen la base erosiva y muestran estratificaciones cruzadas en surco y planares, con *ripples* a techo; interpretables como el relleno de cicatrices erosivas producidas por materiales de desbordamiento.

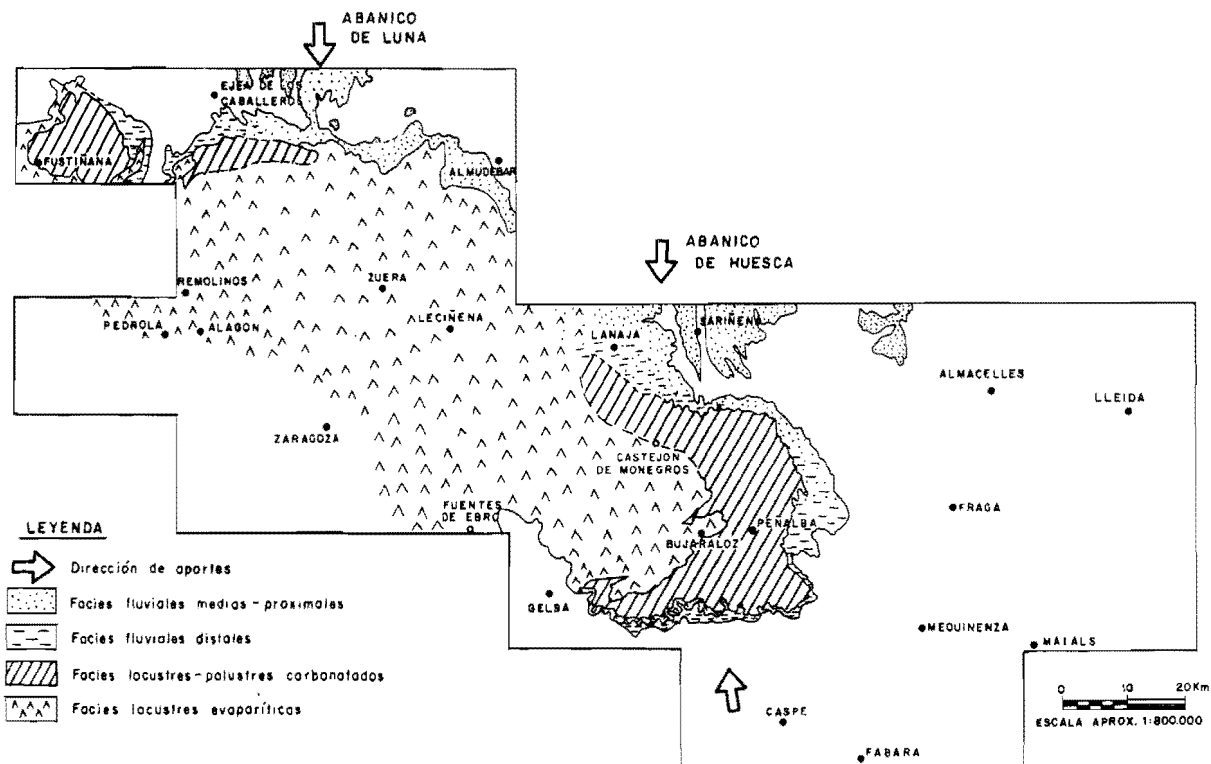


Fig. 5. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Bujaraloz-Sariñena

Los yesos son nodulares y lenticulares, y se encuentran intercalados entre las arcillas y las areniscas. Generalmente se trata de yesos blancos nodulares y micronodulares (de tipo *chicken wire*) de textura albastrina. En muchas ocasiones estos nódulos de yeso se hallan formando niveles continuos de aspecto tabular.

Las areniscas se clasifican como sublitarenitas y subarcosas en las que los componentes terrígenos fundamentales son: cuarzo, plagioclasas, feldespatos potásicos, fragmentos de caliza y micas (biotita, moscovita y clorita). Los feldespatos y las micas se encuentran parcialmente alterados a arcillas. El cemento puede ser en unos casos calcítico y en otros yesífero.

Esta asociación de facies se interpreta como depositada en un ambiente de tránsito entre aluvial distal y margen de lago salino (*playa lake*) (fig. 9 E).

Por criterios de correlación regional se asigna una edad Ateniense-Aragonesa a esta unidad.

1.1.2.2. *Alternancia de yesos tabulares y arcillas grises (4). Ateniense-Aragonesa*

Esta unidad está compuesta por una alternancia de margas grises y yesos tabulares y nodulares. Las margas son yesíferas y en ocasiones están laminadas; también incluyen niveles milimétricos y centimétricos de areniscas de grano fino con *ripples*. La mitad inferior de esta unidad cambia lateralmente de facies hacia el norte a la unidad cartográfica (3), por lo que disminuye de potencia en esa dirección.

El estudio detallado de estas facies se ha realizado en la columna de Tardienta (01), entre los metros 65 y 118.

Los yesos se disponen según niveles tabulares de espesor centimétrico y decimétrico (máximo 150 cm). Estos yesos tabulares poseen un aspecto micronodular (*chicken wire*) y presentan texturas albastrinas habiéndose perdido la textura original, que posiblemente fue de yesos en empalizada. También pueden hallarse niveles de yesos nodulares entre el sedimento margoso, en este caso son nódulos centimétricos de yeso blanco y de textura albastrina.

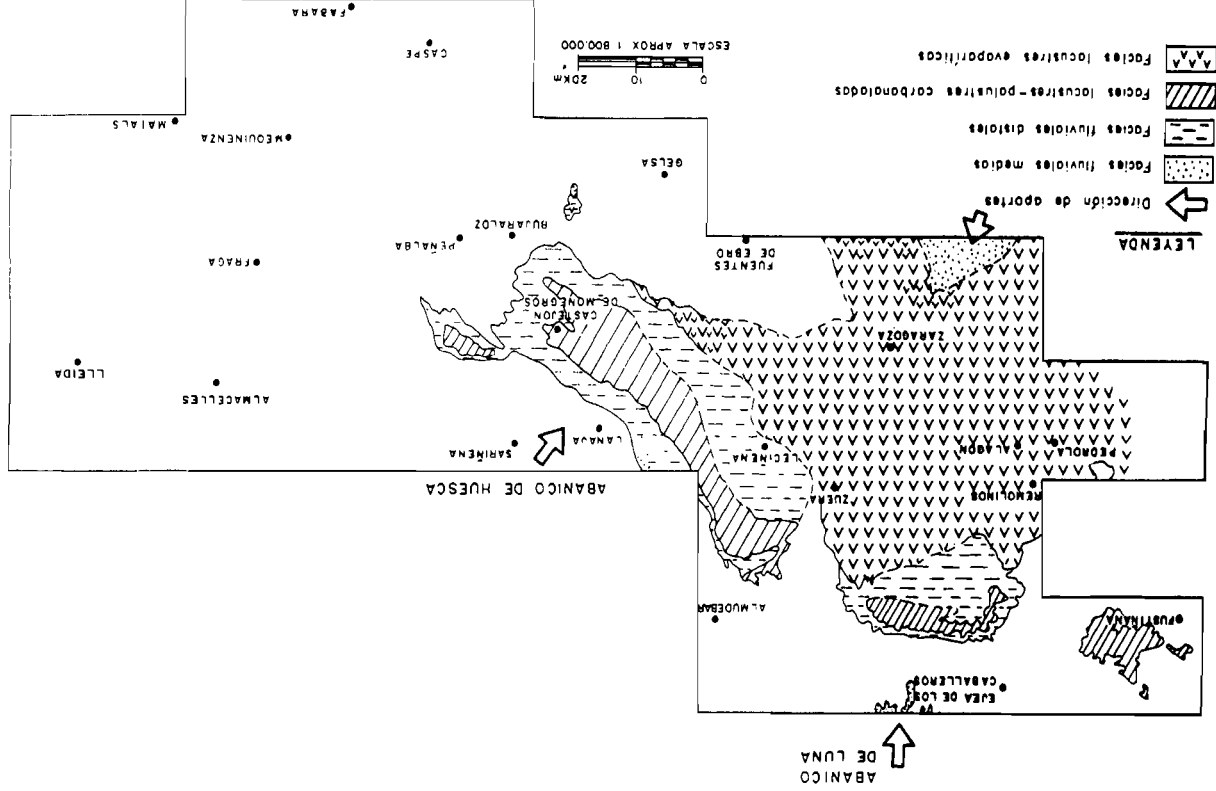
El conjunto de estos sedimentos se interpretan como depósitos de un ambiente de lago salino (*playa lake*) con algunos episodios de margen de lago salino en que se habrían formado los niveles de yeso nodular (fig. 9 E y F).

La correlación estratigráfica de esta unidad con otras unidades datadas en áreas próximas permite asignarle una edad Ateniense-Aragonesa.

1.1.3. **Unidad Remolinos-Lanaja (Zuera)**

Esta unidad aflora prácticamente en la totalidad de la hoja de Zuera. Está constituida por sedimentos detríticos en la base y por sedimentos margo-carbonatados a techo. Hacia el sur estos materiales evolucionan a depósitos evaporíticos que pasan a constituir la casi totalidad de la unidad.

Fig. 6. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Remolinos-Lanaja



Parte de esta unidad se ha medido y estudiado en las columnas de Agua Baja (02) (40 m) y de La Paul (04) (100 m). Su potencia total no se ha podido medir en ninguna de ellas aunque ésta supera los 120 m.

El contacto con la unidad genético-sedimentaria infrayacente, descrita en el apartado anterior, se realiza a través de un cambio rápido de facies entre los materiales aluviales distales, que forman la base de esta unidad, y los sedimentos evaporíticos depositados en ambientes de lago salino que constituyen la parte superior de la Unidad Bujaraloz-Sariñena. Este límite es reconocible a lo largo de toda la parte central de la Cuenca del Ebro y representa un nuevo período de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales.

Esta unidad aflora en áreas vecinas a esta hoja. En el área septentrional de este sector de la cuenca, la base de la unidad está formada por materiales aluviales distales, de procedencia pirenaica (del Sistema de Luna, definido por Hirst y Nichols, 1986). Por el contrario su techo, está formado por facies margo-carbonatadas de origen lacustre-palustre. Hacia la parte meridional de este mismo sector, estas facies pasan a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig. 6).

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la unidad Remolinos-Lanaja se ha caracterizado en las hojas de Sariñena, Peñalba, Castejón de Monegros, Leciñena y Lanaja. 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 compuesta por facies margo-carbonatadas de origen lacustre-palustre (ver Fig. 6). Cabe señalar que los materiales aluviales, en esta zona forman parte del abanico de Huesca (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 (Figura 6).

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 de Lanaja, se ha podido atribuir una edad Aragoniense medio-superior a la unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón. Teniendo en cuenta que esta última unidad presenta una posición estratigráfica bastante más alta que la unidad Remolinos-Lanaja, y que la parte media de la infrayacente unidad Bujaraloz-Sariñena corresponde a la parte inferior del Aragoniense, se puede considerar una edad Aragoniense medio para esta unidad.

Los materiales detríticos de esta unidad genético-sedimentaria forman parte de la Fm. Sariñena (Quirantes, 1969) y Fm. Uncastillo (Soler y Puigdefàbregas, 1970) y del sistema deposicional de Luna o "Luna System" de Nichols (1984). Los materiales evaporíticos de la unidad forman parte de la Formación Zaragoza de Quirantes *op. cit.*

Dentro de esta secuencia se han reconocido cuatro asociaciones de facies, cartografiadas como las unidades (5), (6) (7) y (8).

1.1.3.1. *Areniscas de aspecto casi tabular, arcillas y algunas calizas oscuras (5). Aragoniense*

Se trata de una alternancia de capas tabulares de arenisca, arcillas, limos y algunas calizas (estas últimas más frecuentes hacia la parte superior de la unidad cartográfica). Estos depósitos constituyen la base de la unidad genético-sedimentaria en la mitad septentrional de la hoja. El estudio de estos materiales se ha realizado en las columnas de Agua Baja (02) (40 m) y de La Paul (04) (50 m).

Los cuerpos arenosos canalizados son poco abundantes en esta unidad. Tienen base erosiva y suelen mostrar estratificación cruzada planar. Las capas de arenisca tabular son de espesor centí- a decimétrico (hasta 50 cm), masivas y con granoselección positiva. Tienen tamaño de grano fino a medio, son micáceas y de color gris amarillento.

Las capas de caliza son escasas, tabulares y poco potentes (máximo 20 cm), fétidas y de color oscuro; son biomicritas en las que los fósiles principales son restos de caráceas, ostrácodos y en menor cantidad gasterópodos y bivalvos.

Las arenitas son sublitarenitas, con cuarzo, fragmentos de caliza, biotita, moscovita y feldespatos como detríticos principales. El cemento es calcita y puede haber cierto contenido en arcillas por alteración de feldespatos y micas.

Estos materiales se interpretan como depositados en un ambiente aluvial distal. La mayor parte del sedimento corresponde a depósitos de llanura de inundación, mientras que los paleocanales son escasos (fig. 9 A).

En esta unidad se han identificado distintos restos fósiles como: *Haplocytheridea* aff. *helvetica* (LIENENKL); *Cypridopsis kinkelini* (LIENENKL); *Darwinula* cf. *stevensoni* (BRADY y ROBERTSON); *Chara notata* (GRAMB. y PAUL); *Chara* sp. 7 (RAMIREZ).

Criterios estratigráficos regionales permiten considerar una edad Aragoniense medio para esta unidad.

1.1.3.2. *Margas y tablas de caliza, localmente con yesos nodulares (6). Aragoniense*

Estos materiales afloran en la mitad oriental del territorio siempre por encima de la unidad cartográfica descrita con anterioridad (5).

Se trata de una alternancia de margas grises y de capas de caliza. Las margas son grises y, en ocasiones rosadas, con algunos signos de edafización. Las capas de caliza son tabulares, poco potentes, fétidas y de color oscuro; son biomicritas en las que los fósiles principales son restos de caráceas, ostrácodos y en menor cantidad gasterópodos y bivalvos. Ocasionalmente aparecen niveles centimétricos de arenisca de grano fino con laminaciones cruzadas, intercalados entre el sedimento pelítico.

De acuerdo con las características observadas estos sedimentos pueden interpretarse como depósitos de un ambiente lacustre-palustre (fig. 9 B y C).

La edad atribuida a esta unidad es Aragoniense medio en base a los datos aportados en el apartado 1.1.3.

1.1.3.3. *Yesos masivos tabulares (7). Aragoniense*

Esta unidad consiste en una alternancia de capas de yeso masivo en paquetes de hasta 3 m y arcillas. Aflora en el margen occidental del río Gállego a lo largo de casi toda la hoja.

Los niveles de yeso son tabulares y tienen espesor decimétrico. Los yesos son micronodulares (tipo *chicken wire*), poseen aspecto masivo y muestran textura alabastrina. Se trata de yeso secundario debido a la hidratación de anhidrita, que a su vez se habría originado por deshidratación de yeso primario tabular. Estos sedimentos se organizan según ciclos de facies de escala métrica con predominio de los yesos en la base y de las margas con nódulos de yeso a techo.

Las arcillas son yesíferas de color gris-ocre, laminadas y presentan alguna inclusión de yeso primario lenticular.

Según la asociación de facies observada estos materiales pueden corresponder a depósitos de lago salino (ver fig. 9 F).

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

1.1.3.4. *Calizas gris oscuro, margas y arcillas (8). Aragoniense*

Aflora en una reducida área situada en el extremo nor-occidental de la hoja.

Esta unidad está constituida por una alternancia de calizas gris oscuro, con margas y arcillas grises. Las capas de caliza tienen un espesor centimétrico-decimétrico (máximo 35 cm). Se trata de calizas fértiles con algunas perforaciones por raíces y con abundante materia orgánica y restos fósiles. Pueden clasificarse como biomicritas, siendo los fósiles más abundantes restos de tallos y oogonios de caráceas, ostrácodos y con menor frecuencia restos de gasterópodos y bivalvos.

Las margas son grises, a veces laminadas, y pueden contener pequeños nódulos de yeso aislados.

De acuerdo con las características observadas estos sedimentos se interpretan como depositados en un ambiente lacustre con intervalos próximos a margen de lago salino (fig. 9 D).

La edad atribuida a esta unidad es Aragoniense medio.

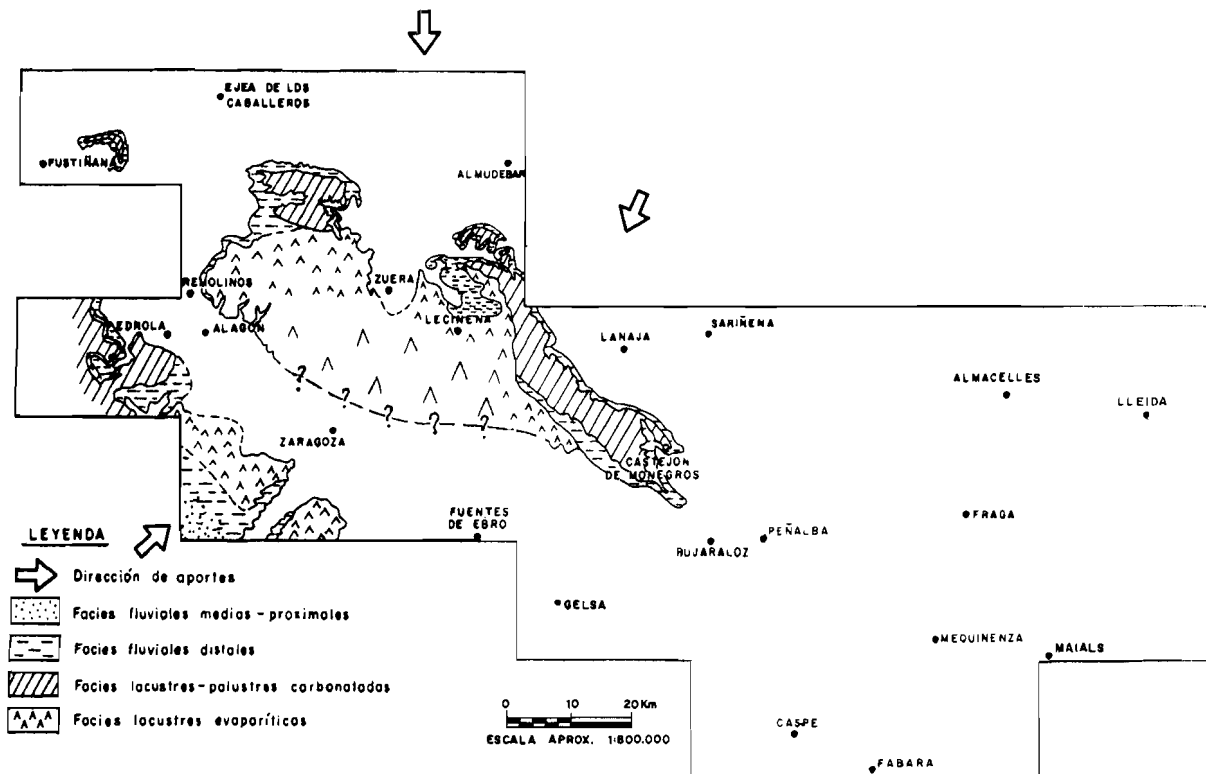


Fig. 7. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora

1.1.4. **Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora (Santa Elena)**

Esta unidad aflora en la mitad sur de la hoja. El área donde alcanza un mayor desarrollo es en el sector oriental donde constituye las partes bajas de las últimas estribaciones de la Sierra de Alcubierre.

En toda la hoja, la base de la unidad está constituida por sedimentos pelíticos de origen aluvial distal entre los que se intercalan algunos niveles de arenisca y de caliza. La parte superior de la unidad está constituida por una serie predominantemente margo-carbonatada de origen lacustre-palustre. Todos estos materiales evolucionan, hacia el sur, a sedimentos evaporíticos que son los que constituyen la casi totalidad de la unidad.

La potencia de la Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de La Sora, se ha medido de forma parcial en la serie de Las Mosqueras (03), donde se han reconocido unos 60 m. La potencia total es difícil de calcular debido al mal afloramiento; sin embargo pueden estimarse unos 80 m.

El límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria, se sitúa en el contacto entre las facies carbonatadas, de origen lacustre-palustre, que caracterizan la parte superior de la Unidad Remolinos-Lanaja, y las facies pelíticas, de llanura de inundación, que constituyen la base de esta unidad. Este límite posee un reflejo sedimentario a lo largo de toda la parte central de la Cuenca del Ebro y representa un período de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales.

La Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora aflora en las áreas adyacentes a esta hoja. A grandes rasgos, en la parte oriental de este sector, 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-carbonatadas de origen lacustre-palustre (ver Fig. 7). Los materiales aluviales presentes en esta zona son de procedencia pirenaica. Hacia la parte meridional de este sector de la cuenca, estas facies pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig 7).

Al igual que como se ha considerado para la Unidad de Remolinos-Lanaja, la edad de esta unidad queda incluida dentro del Aragoniense medio ya que, dentro de la hoja de Lanaja (29-14), se ha podido datar la suprayacente unidad de Sierra de Lanaja-Montes de Castejón como Aragoniense medio-superior.

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

Se han cartografiado cuatro asociaciones de facies correspondientes a esta unidad genético-sedimentaria.

1.1.4.1. *Arcillas y margas varioladas con capas de areniscas y calizas (9). Aragoniense*

Estos materiales afloran en la zona centro-meridional de la hoja constituyendo en casi toda ella la base de la unidad genético-sedimentaria. Hacia el sur estos materiales pasan gradualmente a facies evaporíticas.

Su potencia se ha medido parcialmente en la serie de Las Mosqueras (03) donde es de unos 38 m.

Se trata de una alternancia de arcillas varioladas, amarillentas, verdosas y rojizas, con intercalaciones de niveles de margas grises y de capas de arenisca y caliza.

Las lutitas son de coloración ocre y grisácea, y a menudo contienen señales de edafización. Las areniscas son de espesor centimétrico, planoparalelas y, ocasionalmente, presentan *ripples* y estratificación *flaser* y lenticular. El espesor de los niveles calcáreos llega a ser de orden métrico. Son calizas micríticas con abundantes bioclastos y materia orgánica. También presentan señales de bioturbación y alguno de los niveles incluye brechas de colapso.

En el sector norte de la hoja, las intercalaciones de areniscas y de limos carbonatados, son más abundantes. Las areniscas presentan superficies de reactivación y, ocasionalmente, estratificación cruzada de tipo *hummocky*. Las capas calcáreas suelen contener estromatolitos y nódulos de sílex.

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

Según la descripción efectuada unidad presenta una asociación de facies de abanico aluvial distal (fig. 9 A), con predominio de las facies correspondientes a llanura de inundación.

Se atribuye una edad Aragoniense a esta unidad cartográfica por criterios estratigráficos regionales.

1.1.4.2. Margas, arcillas y yesos. Areniscas en la base (10). Aragoniense

Estos sedimentos afloran sobre todo en el cuadrante sureste de la hoja.

Se trata de una alternancia de arcillas y margas que hacia la base incluyen cuerpos areniscosos intercalados y que en la parte media y superior incluyen nódulos de yeso.

Las arcillas son amarillas, rosadas y ocre con laminación paralela de decantación. Las margas son grises, en ocasiones negruzcas, y ligeramente yesíferas.

Los cuerpos de arenisca tienen un espesor centimétrico y pueden presentar laminación paralela, granoclasificación positiva o bien ser masivas. Algunos niveles de arenisca tienen la base ligeramente erosiva y muestran laminaciones cruzadas planares y *ripples* a techo.

Los yesos son nodulares de color blanco, alabastrinos y sacaroideos. Estos yesos nodulares pueden hallarse formando niveles tabulares con una cierta continuidad intercalados dentro del sedimento arcilloso-margoso.

Las características sedimentológicas de estos materiales sugieren que se depositaron en un ambiente de tránsito entre abanico aluvial distal y margen de lago salino (fig. 9 E).

Por las consideraciones estratigráficas de carácter regional mencionadas con anterioridad se puede atribuir una edad Aragoniense a estos sedimentos.

1.1.4.3. *Yesos y margas grises. Calizas a techo (11). Aragoniense*

Estos materiales se encuentran en la mitad meridional de la hoja, donde aparecen como un cambio de facies con las dos unidades cartográficas descritas con anterioridad y con la siguiente, (12).

Esta unidad está constituida por margas grises, y en ocasiones rosadas, que continen niveles tabulares de yeso nodular y nódulos aislados de yeso.

Los niveles de yeso pueden tener unos espesores de hasta 250 cm. Son yesos blancos de textura alabastrina con estructuras en turrón y enterolítica. Se trata de yeso secundario debido a la hidratación de anhidrita, que a su vez se habría originado por deshidratación de yeso primario tabular. Se conservan algunas texturas propias de la anhidrita como la *chicken wire*.

Hacia la parte superior entre estos sedimentos pelíticos se intercalan niveles de calizas y calcisiltitas. Son capas centimétricas-decimétricas con bioturbación, materia orgánica y restos fósiles.

De acuerdo con las características observadas estos sedimentos corresponden a una sedimentación de margen de lago salino-lago salino (fig. 9 E y F) que hacia el techo evoluciona hacia condiciones lacustres no salinas.

Por consideraciones estratigráficas de índole regional se le atribuye una edad Aragoniense.

1.1.4.4. *Calizas y margas (12). Aragoniense*

Estos materiales se encuentran en el mismo área que la unidad inferior, es decir, en el cuadrante SE. Hacia el oeste pasa lateralmente a los materiales correspondientes a la unidad cartográfica (11).

El estudio de sus facies se ha hecho en base a los datos representados en la columna de Las Mosqueras (03) donde tiene una potencia de unos 30-35 m.

Consiste en una alternancia de margas y de calizas. Las margas son grises y ocasionalmente verdes; pueden presentar horizontes negruzcos de acumulación de materia orgánica. Entre las margas existen algunas intercalaciones de capas areniscosas de grano muy fino, de espesor centimétrico a menudo con laminación paralela.

Las calizas son micríticas, ocasionalmente contienen granos de limo terrígeno. Tienen un gran contenido en restos orgánicos; alguno de los niveles presenta estromatolitos. También se observan estructuras tractivas, estratificación cruzada *hummocky* y superficies de reactivación. Pueden clasificarse como biomicritas con restos de ostrácodos y caráceas.

Las características sedimentológicas de la unidad sugieren que estos materiales se depositaron en condiciones lacustre-palustres carbonatadas.

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, se le atribuye una edad comprendida dentro del Aragoniense.

1.1.5. **Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón (Puisoro)**

Aflora en el extremo sureste de la hoja constituyendo las partes más altas del relieve. Además se encuentra en pequeños retazos en el margen occidental y meridional.

En el sector occidental de la hoja la unidad está constituida por una alternancia de margas y calizas. En la zona oriental, en cambio, está constituida por margas y arcillas, esporádicamente con niveles de areniscas con morfología canaliforme, que hacia el techo evolucionan a margas y calizas. Ambas litofacies hacia el sur pasan transicionalmente a margas con yesos.

La potencia de la Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón no se ha podido medir dentro de la hoja, sin embargo en áreas vecinas se ha estimado en 170 m.

El límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria es el contacto existente entre las facies carbonatadas, de origen lacustre-palustre, que caracterizan la parte superior de la unidad infra-yacente y las facies margosas y detríticas, de abanico aluvial distal y de margen de lago salino, que constituyen la base de esta unidad.

En la parte central de la Cuenca del Ebro además de en la presente hoja, esta unidad se ha caracterizado en las hojas de Lanaja (29-14) de Leciñena (28-14) y de Castejón de Monegros (29-15). 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-carbonatadas de origen lacustre-palustre (ver Fig. 8). Cabe señalar que los materiales aluviales, en esta zona, tienen 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).

Esta unidad también ha sido cartografiada en el sector nor-occidental de la parte central de la Cuenca del Ebro, concretamente en las hojas de Ejea de los Caballeros (27-12) y de Remolinos (27-13). 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-carbonatadas de origen lacustre-palustre (Fig 8). Hacia la parte sur-occidental de este mismo sector, concretamente hacia la hoja de Pedrola (26-14), estas facies pasan a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig. 8).

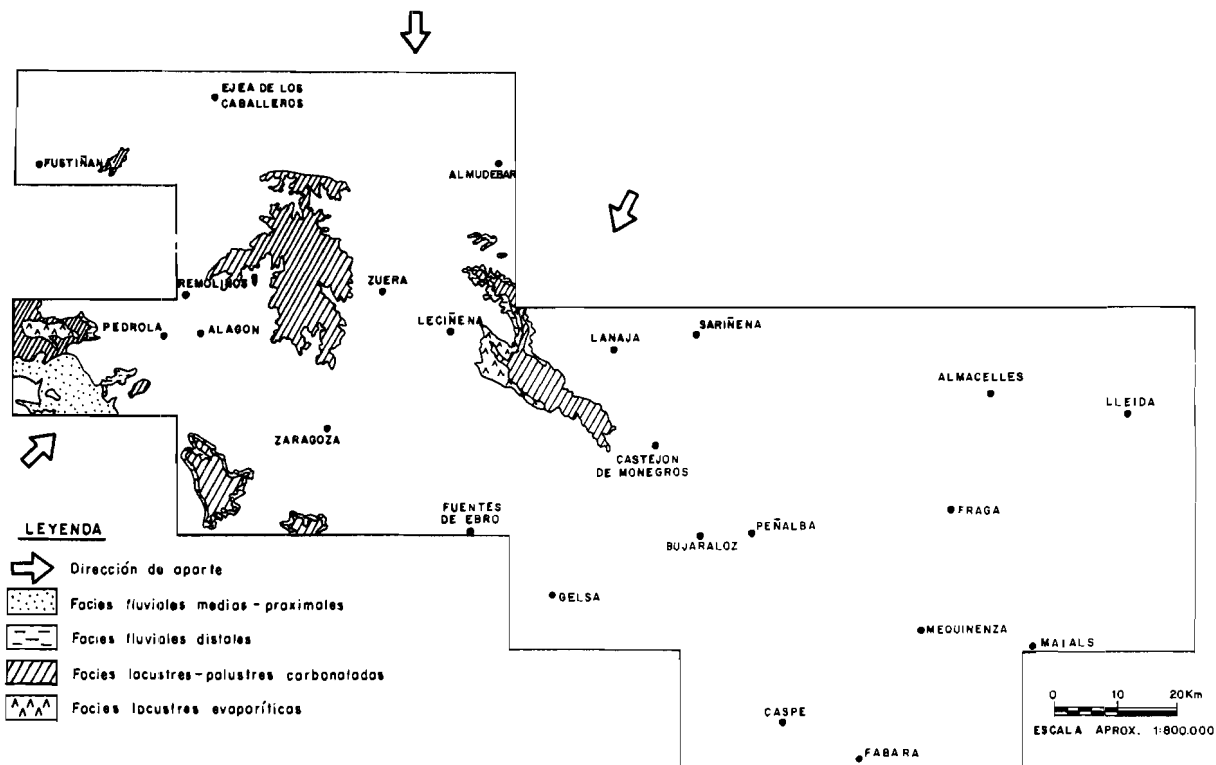
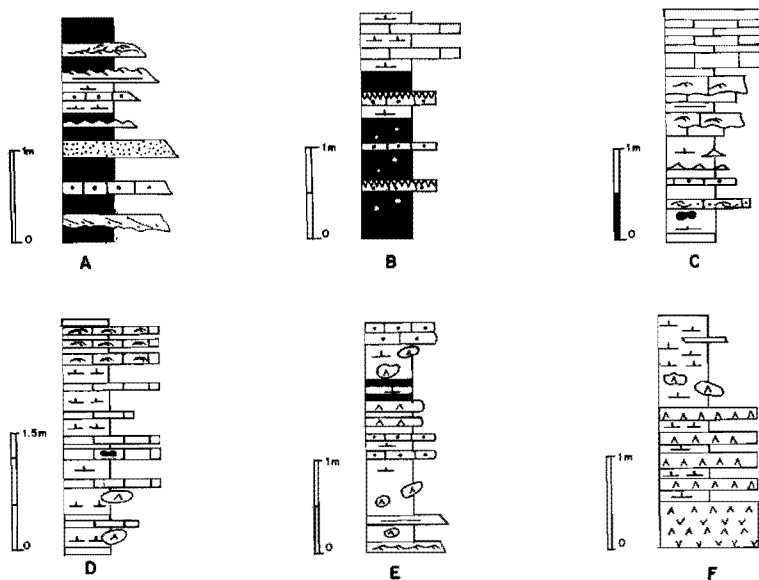


Fig. 8. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Sierra de Lanaja-Montes de Castejón



A - FACIES DE LLANURA DE INUNDACION

B - SECUENCIAS DE FACIES PALUSTRES

C - SECUENCIA DE FACIES LACUSTRES DE LAS DOS UNIDADES GENÉTICO-SEDIMENTARIAS SUPERIORES

D - SECUENCIAS DE FACIES LACUSTRES

E - SECUENCIAS DE FACIES DE MARGEN DE LAGO SALINO

F - SECUENCIAS DE FACIES DE LAGO SALINO

LEYENDA

	ARENISCAS		YESOS TABULARES		RIPPLES DE OSCILACION
			YESOS NODULARES		LAMINACION PARALELA
	CALIZAS		ESTRATIFICACION CRUZADA EN SURCO		ESTRATIFICACION WAVY
	CALCISILTITAS		ESTRATIFICACION CRUZADA PLANAR		ESTRATIFICACION LINSÉN
	LUTITAS		RIPPLES DE CORRIENTE		MARCAS DE RAICES
	MARGAS		RIPPLES ASCENDENTES		CANTOS BLANDOS
			ESTRATIFICACION CRUZADA HUMMOCKY		NODULOS DE SILEX

Fig. 9. Secuencias de facies representativas de los ambientes deposicionales que se desarrollan en la hoja de Zuera (28-13)

La posición cronoestratigráfica de esta unidad, puede precisarse con los yacimientos de Puigladrón y Barranco de San Benito, localizados en la vecina hoja de Lanaja. Ambos yacimientos están situados en la parte media-superior de la unidad y permiten acotar una edad comprendida en el Mioceno medio (Aragoniense medio y superior).

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

Se han diferenciado tres asociaciones de facies como unidades cartográficas correspondientes a esta unidad genético-sedimentaria.

1.1.5.1. *Margas y arcillas varioladas, con canales de areniscas en la base (13).* Aragoniense

Estos materiales afloran en el extremo sureste de la hoja, en donde constituyen la base de la unidad genético-sedimentaria. Hacia el sur pasan gradualmente a facies evaporíticas.

Su potencia no se ha medido en ninguna de las columnas realizadas para el estudio de la hoja, sin embargo se estima que puede oscilar entre los 20-30 m.

La litología de esta unidad viene dominada por una alternancia de arcillas varioladas (amarillentas, verdosas y rojizas) con niveles de margas grises y con intercalaciones de capas de areniscas y calizas.

Las lutitas son de coloración ocre y grisácea, y a menudo contienen señales de edafización. Las areniscas son de espesor centimétrico, planoparalelas y, ocasionalmente presentan estratificación *flaser*, lenticular y *ripples*. Algunos niveles tienen base erosiva y presentan estratificación cruzada en surco y cruzada planar.

Los niveles calcáreos tienen un espesor centimétrico-decimétrico aunque puede llegar a ser de orden métrico. Son calizas micríticas con un importante contenido en restos fósiles. También presentan señales de bioturbación (como perforaciones cilíndricas verticales de raíces) y alguno de los niveles tiene brechas de colapso.

Petrográficamente las areniscas son litarenitas con gran contenido en yeso detrítico. Las calizas corresponden a biomicritas e intraesparitas con restos de ostrácodos, caráceas, moluscos, gasterópodos y algas cianofíceas; también tienen un abundante contenido de limo terrígeno.

Los levigados estudiados aportan un contenido fosilífero consistente en: *Rabdochara* sp., *Stephanochara berdotensis* (FEIST y RINGEADE); *Nitellopsis (tectochara) meriani* (L. y N. GRAMB.); *Chara notata* (GRAMB. y PAUL); *Stephanochara herdotensis* (FEIST y RINGEADE); *Cypridopsis kinkelini* (LIENENKL); *Candona* cf. *procera* (STRAUB); *C. neglecta* (SARS); *C. praecox* (STRAUB); *Darwinula stevensoni* (BRADY y ROBERTSON); *Lymmocythere* cf. *pterigoventrata* (DICK. y SWAIN); *L.* aff. *inopinata* (BAIRD).

Según la descripción efectuada, puede interpretarse esta unidad como una asociación de facies

de abanico aluvial distal, con predominio de las facies correspondientes a llanura de inundación, arcillas bioturbadas y capas tabulares de arenisca y delgados niveles calcáreos (fig. 9 A).

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

1.1.5.2. *Alternancia de margas y calizas (14). Aragoniense*

Esta unidad cartográfica aflora casi en las mismas áreas que la anterior: en las cimas de Corona de la Reina y la Ermita de Santa Elena, a excepción de los afloramientos que existen en el margen occidental de la hoja. En el sector oriental estos materiales desaparecen hacia el sur por cambio de facies con la unidad cartográfica (15).

Consiste en una alternancia de margas y de capas de caliza de hasta 2 m de espesor. Las calizas son biomicritas limosas con caráceas, fragmentos rotos de ostrácodos y, en menor cantidad, moluscos. Presentan bases suavemente onduladas, laminaciones de *ripple* de oscilación y corriente y abundante bioturbación. Las estructuras tractivas han sido interpretadas, en su conjunto, como estructuras *hummocky* (Arenas *et al.* 1989).

Las calizas pueden clasificarse como biomicritas con restos de caráceas, de ostrácodos y de algas cianofíceas.

Estos materiales se depositaron en un ambiente deposicional lacustre-palustre (fig. 9 C).

De acuerdo con los datos paleontológicos de la unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón en la hoja de Lanaja (29-14) puede atribuirse una edad Aragoniense a esta unidad.

1.1.5.3. *Margas y yesos (15). Aragoniense*

Esta unidad cartográfica aflora en el ángulo sureste de la hoja.

Se trata de un tramo fundamentalmente margo-arcilloso que intercala delgadas capas centimétricas de caliza y nódulos de yeso que hacia el sur y sureste (hojas de Lecínena y Lanaja, respectivamente) llegan a formar capas de aspecto tabular de hasta 20 cm de espesor. El conjunto de la unidad supera los 30 m de potencia. Las arcillas son de color ocre y presentan laminación paralela horizontal. El yeso tiene textura porfiroblástica y alabastrina y su origen es secundario, resultado de la transformación diagenética de anhidrita.

Estas facies se consideran depositadas en un ambiente de margen de lago salino (fig. 9 E). Los yesos se formarían por bombeo evaporítico entre el sedimento lutítico.

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

1.2. CUATERNARIO

1.2.1. **Pleistoceno**

Dada la ausencia de dataciones suficientes de los depósitos cuaternarios en la cuenca del Ebro la división cronológica es aproximativa. A pesar de la suposición por parte de algunos autores de la existencia de depósitos de edad pliocena o pliocuaternaria en la cuenca del Ebro y al no existir datos fiables al respecto, se ha decidido dar a los depósitos más altos una edad Pleistoceno inferior y fijar el tránsito Pleistoceno inferior-superior, en una posición aproximada, en función de una ordenación relativa por correlación altimétrica con las terrazas del Cinca y el Segre (Peña y Sancho, 1988) y por los datos paleontológicos presentados por Zuidam *et al.* (1975) para la terraza T₂ de dicho autor (Zuidam 1976) y su correlación con las terrazas del Gállego (Bomer, 1957). De este modo el límite Pleistoceno superior-inferior se situaría ente los términos 14 y 16 de la cartografía geológica, sin poder realizar mayores precisiones.

1.2.1.1. *Conglomerados de bloques, cantos redondeados, gravas y arenas de rocas ígneas y metamórficas. Terrazas del Río Gállego (14, 16, 18, 19, 20 y 22)*

En general, son conglomerados de bloques, cantos y gravas bien redondeados de procedencia pirenaica, con algunos niveles de arenas y limos y cemento calcáreo micrítico, dispuestos en barras depositadas por canales anastomosados. Los bloques, cantos y gravas son de composición ígnea y metamórfica (con algunas calizas subordinadas) en las terrazas del Gállego, y fundamentalmente calcáreas cuando se asocian a los otros ríos (Barrancos del Salado, de la Violada y de Valdeparadas). El espesor de los depósitos es normalmente de 3-4 metros pero en las terrazas más altas supera los 10 metros.

Los procesos de cementación por carbonatos están presentes en todas las terrazas, aunque en las inferiores (tramos 19, 20 y 22 de la cartografía) están menos desarrollados. En las terrazas altas (tramos 14, 16 y 18) es frecuente la presencia de costras calcáreas bien desarrolladas (caliches) sobre las mismas; para dar mayor claridad cartográfica al mapa sólo se han señalado las costras sobre la terrazas superiores en las zonas de Mediano, Pilatos y Valseca y concretamente en esta última las terrazas encostradas están asociadas a superficies horizontales dominantes bien conservadas.

Las costras calcáreas asociadas a las terrazas citadas son cementaciones micríticas de colores ocre a salmón claro, formando estructuras espeleotemáticas, pisolíticas y bandeados laminares correspondientes a facies de diagénesis vadosa.

El mayor o menor desarrollo de la cementación carbonatada, está en relación con la edad de depósito superficial, mostrándose como elemento disperso en los depósitos más recientes y como costras bien desarrolladas en los más antiguos.

1.2.1.2. *Limos, arenas y arcillas. Depósitos de llanura de inundación. Pleistoceno (15 y 17)*

Hay que señalar la presencia de tramos puntuales de carácter limoso-arenoso bien clasificado, de color pardo amarillento, que separan las facies conglomeráticas encontradas y correspon-

den a las antiguas llanuras de inundación, particularmente bien observables en el área de Monte Penén.

1.2.1.3. *Gravas de calizas terciarias, arenas, limos y arcillas. Glacis (23). Pleistoceno*

Los depósitos de glacis de la hoja de Zuera son gravas de calizas terciarias, angulosas y aplanadas con presencia de algunas gravas de areniscas y matriz arenoso limosa, a veces arcillosa, con cemento calcáreo más o menos abundante y presencia de algunos granos de yeso.

El espesor medio de estos depósitos es de 1 a 3 metros, aunque localmente y en las áreas del Barranco del Salado y Mayoral, la potencia de estos depósitos llega a superar los 20 metros advirtiéndose diferencias en cuanto a grado de empaquetamiento y disposición estructural interna de la fábrica (alineaciones de cantos y disposición caótica del depósito). En estos dos ejemplos, los depósitos situados en el techo son de gravas de mayor grado de madurez (más redondeadas) con muy poca matriz.

En conjunto, los procesos de carbonatación pueden llegar a ser importantes con formación local de costras calcáreas.

1.2.2. **Holoceno**

1.2.2.1. *Bloques, cantos, gravas de rocas ígneas y metamórficas y arenas. Barras y depósitos de canal del Río Gállego (21 y 22). Gravas, limos, arenas y arcillas. Llanura de inundación del Río Gállego y lecho mayor (24 y 25). Holoceno (actual)*

Los depósitos actuales del río Gállego son bloques, cantos y algunas gravas de rocas ígneas y metamórficas procedentes de la zona axial pirenaica, dispuestas en barras pertenecientes a un río de tipo anastomosado de tendencia meandriforme que deposita gravas, limos, arenas y arcillas en la llanura de inundación.

1.2.2.2. *Arcillas y limos. Zonas endorreicas (27). Holoceno*

Son arcillas y limos de colores ocre y pardo-rojizos, afectados por procesos edáficos y depositadas en depresiones endorreicas y semiendorreicas, el mejor ejemplo se halla en el área de El Vedado.

1.2.2.3. *Limos, arcillas, arenas y gravas angulosas: glacis subacturales y coluviones (26 y 29). Limos, arcillas, arenas y gravas: depósitos aluviales-coluviales, rellenos de "vales" y conos de deyección (28, 30 y 31)*

Los depósitos ligados al lavado de las vertientes y acumulación en fondos de valles y vales, pies

de ladera, coluviones y conos de deyección, tienen una composición limo-arcillosa con algún nivel de gravas y algo de arena. Los distintos tipos de depósitos se analizan en función de su génesis y posición en los apartados de la memoria del mapa geomorfológico.

2. TECTONICA

2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La Hoja de Zuera (28-13) está situada en la parte central de la Cuenca del Ebro.

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

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

La edad del relleno sedimentario, muestra una pauta clara: los depósitos más antiguos se ubican en los sectores septentrional y oriental y los más modernos en las áreas meridionales y occidentales. Esto es un reflejo de la evolución de la deformación en el orógeno, hacia el antepaís y progresivamente más moderna de 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 Zuera está cruzada en su mitad occidental por el río Gállego, que incluye un cortejo de depósitos aluviales cuaternarios. A excepción de esta zona, los materiales aflorantes son en gran parte depósitos de evaporitas de edad miocena. Los materiales carbonatados y areniscos del Mioceno que afloran en la mitad oriental de la hoja muestran un basculamiento preferente hacia el suroeste muy tenue (1 a 2°) correlacionable con fenómenos similares en las hojas vecinas. También presentan un diaclasado constante con dos familias principales de fracturas subverticales mutuamente perpendiculares que son reflejo de un estado de distensión radial en época reciente (al menos, Mioceno superior).

Los depósitos evaporíticos de la margen derecha del Gállego muestran pliegues locales de escala métrica a hectométrica. Se han observado, entre otros:

- a) Un sistema anticlinal-sinclinal que aparece en el kilómetro 4,5 de la carretera de Zuera a Las Pedrosas de dirección aproximada NO-SE y buzamientos de flancos de unos 25 a 30°.
- b) Un anticlinal laxo en el Barranco del Salado, unos 800 metros aguas arriba de la carretera Zuera-La Pedrosas.
- c) Un anticlinal métrico, bastante apretado y con disarmonías en su núcleo, junto al kilómetro 14 de la misma carretera.

Estos pliegues, y algunos otros menos evidentes, presentan una orientación entre E y ESE, perpendicular a la compresión regional tardía en el ámbito de la Cordillera Ibérica y Cuenca del Ebro (Gracia y Simón, 1986; Casas, 1988; Simón y Paricio, 1988), por lo que pueden ser atribuidos muy probablemente a dicho régimen tectónico, desarrollado en el Mioceno inferior-medio.

Los materiales yesíferos dan lugar a numerosas deformaciones puntuales de carácter diapírico que afectan incluso a depósitos superficiales cuaternarios.

2.3. EVOLUCION TECTONICA

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

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

Los datos de subsuelo (Riba *et al.* 1983) indican que el eje de la cuenca sufre un desplazamiento 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 medio en el sector central de la cuenca. En etapas más recientes, un régimen distensivo generalizado da lugar a una fracturación y diaclasado que se manifiestan tanto en la Cuenca del Ebro como en la Cordillera Ibérica (Simón, 1989).

2.4. NEOTECTONICA

Hacia el Miceno superior-Plioceno se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque no se manifiesta por fallas cartográficas, sí produjo un sistema de diaclasado bastante homogéneo y débiles pero extensos basculamientos probablemente controlados por fracturas

del subsuelo. El campo de esfuerzos deducible de las estructuras muestra una distensión tendente a radial con σ_3 próximo a E-O, lo que hace que se forme una familia principal de diaclasas en torno a N-S. El intercambio de σ_2 y σ_3 en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar a una familia secundaria en dirección E-O.

Durante el Cuaternario siguen produciéndose, en puntos localizados, fallas normales de orientación S a SSE que muestran una coherencia total con el campo de esfuerzos reciente inferido de la fracturación que afecta al Mioceno. Los casos observados sugieren que la actividad de estas fallas es posterior a los niveles de glaciares antiguos que se extienden por la parte occidental de la hoja (situados en su zona distal a unos 55 m de altura sobre el cauce del Gállego) y anterior a la terraza T_2 y al glaciar más reciente asociado (generalmente superpuesto) a la misma.

Más importantes que la actividad tectónica s.s. durante el Cuaternario lo fueron los procesos diapíricos a pequeña escala promovidos por materiales yesíferos o margosos miocenos sobre los depósitos de glaciares y terrazas. La tipología de las deformaciones producidas incluye pequeños abombamientos y ondulaciones, antiformal perforantes y sistemas asociados de fallas y flexuras inversas de gran ángulo. Los diapiros deforman varios niveles de terraza (T_2 , T_4 y T_6), así como glaciares antiguos y glaciares recientes que enlazan o se superponen a T_2 . Se han observado síntomas de movimientos sinsedimentarios o inmediatamente anteriores respecto a estos glaciares recientes y a la propia terraza T_2 . Por tanto, si bien es probable que el diapirismo sea activo durante casi todo el Cuaternario, los datos de que se disponen parecen apuntar a un máximo de actividad durante el desarrollo de la terraza T_2 .

3. GEOMORFOLOGIA

3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La hoja de Zuera se encuentra enclavada dentro del gran sistema morfoestructural formado por la Depresión del Ebro, más concretamente se ubica en la zona central, caracterizada por plataformas estructurales. En este área el río Gállego ha compartimentado las plataformas centrales, diferenciándose un área elevada al este, la llanura del río Gállego y dos piedemontes que enlazan desde este río con los relieves de los Montes de Castejón y de la Sierra de Alcubierre, situados al oeste y este respectivamente, fuera ya del área.

Esta hoja presenta una topografía muy recortada por la acción del río Gállego y sus afluentes quedando en ambos márgenes del río Gállego los relieves más elevados, que alcanzan sus mayores cotas en el extremo suroriental (Puiagudo, 677 m y Puisoro, 654 m), que corresponden a las alineaciones más noroccidentales de la Sierra de Alcubierre. Otro punto culminante está constituido por la Corona de la Reina (629 m) que forma parte del tránsito de la Plataforma de Almudevar a la Sierra de Alcubierre. Por otra parte, el borde occidental de la hoja forma parte del piedemonte de los montes de Castejón, siendo su mayor cota el vértice Puisubirón (502 m).

La red hidrográfica está regida por la gran arteria del río Gállego, que atraviesa la hoja de nor-

te a sur en su zona centroccidental a la que vierten una serie de cursos temporales de escasa entidad. En su margen derecha los más importantes son los barrancos de El Salado y Vallferrera que arrancan al pie de los Montes de Castejón. En su orilla izquierda los barrancos son de mayor recorrido y destacan los de La Violada, Recordín y Valdeparadas.

Desde el punto de vista climático, la zona se encuentra situada entre las isoyetas de 400-500 mm de precipitación total anual, con máximos en primavera y otoño, y temperaturas medias anuales que están en torno a los 14°C. Los datos suministrados por la estación meteorológica de Zuera indican una temperatura media anual de 13,05°C, una precipitación total de 410,9 mm, amplitud térmica de 17,8 y pluviométrica de 40,9 y un valor de 0,70 para la media de precipitaciones anuales que superan los 40 mm. Todas estas características nos revelan un típico régimen semiárido correspondiente a un clima de tipo mediterráneo con marcado carácter continental.

3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

El modelo presente en esta hoja está controlado, fundamentalmente, por la interacción entre el sustrato geológico y la dinámica fluvial, todo ello en un contexto de un sistema morfoclimático semiárido. Existen un conjunto de aportaciones de cartografía geomorfológica a diferentes escalas (Mensua e Ibáñez, 1977; Alberto *et al.*, 1984 y Benito, 1989), que permiten situar la geomorfología de esta hoja dentro de un contexto más amplio de las formas de relieve existentes en el sector central de la Depresión del Ebro.

3.2.1. Estudio morfoestructural

Las formas estructurales son uno de los rasgos dominantes en la hoja y se derivan de la acción de los agentes de la dinámica externa sobre los materiales geológicos existentes. La disposición de éstos últimos es prácticamente horizontal y su constitución es, básicamente, carbonatada y yesífera, resultante de la sedimentación en áreas distales de los grandes abanicos aluviales neógenos de procedencia pirenaica.

La alternancia de calizas, resistentes a la erosión, con materiales blandos margoyesíferos da lugar a relieves de erosión diferencial en todo el conjunto de la hoja. Se pueden distinguir superficies estructurales, con morfologías de plataformas y mesas, con escarpes que no superan los 100 m, y que se desarrollan sobre todo en la mitad oriental del mapa, donde se diferencian tres superficies estructurales escalonadas de gran extensión, reflejadas en el mapa geomorfológico. También pueden observarse plataformas estructurales y mesas, con menor extensión, en los límites occidentales de la hoja. En ocasiones las capas se presentan débilmente basculadas configurando una morfología en cuevas (superficie estructural con dirección de buzamiento). Todo este conjunto se dispone escalonado ladera abajo, configurando una típica morfología en graderío. Por otra parte, cuando la erosión afecta a materiales más blandos se produce una intensa disección de estas litologías, desarrollándose un relieve en aristas o cordones, que dan lugar a interfluvios alomados.

3.2.2. Estudio del modelado

3.2.2.1. Modelado fluvial

Las acumulaciones fluviales cuaternarias dejadas por el río Gállego a lo largo de su evolución ocupan una extensión muy importante en la hoja, presentando características complejas en la disposición de los niveles de terraza al excavar el Gállego las formaciones yesíferas.

Los niveles de terraza del Gállego han sido objeto de numerosos estudios. Así, Bomer (1957) señala la presencia de cinco niveles de terraza entre Riglos y Zaragoza. González y Arrese (1977) analizan las terrazas del Gállego desde el punto de vista geomorfológico y sedimentológico. Mensua e Ibáñez (1977) en su estudio cartográfico del sector central de la Depresión del Ebro señalan la existencia de seis niveles de terraza. Finalmente, Benito (1989) diferencia ocho niveles en la zona de las Plataformas Carbonatadas Centrales.

Los datos de sinuosidad y de morfología de canales indican que el río Gállego presenta en este tramo un modelo intermedio entre meandriforme y anastomosado, reconociéndose un conjunto de meandros abandonados al sur de La Paul. La erosión lateral del cauce es muy importante en la zona de contacto del río en la segunda terraza al este de La Paul, donde el río ha sido canalizado varias veces y están en proyecto nuevas obras de canalización para evitar los desplomes del talud. También esta acción es importante al oeste de Ontinar del Salz y al sur de Zuera.

Las medidas altimétricas de los niveles de terraza, obtenidas en perfiles transversales en las zonas de El Temple, Zuera y San Mateo son los siguientes:

T ₁	4-9 m
T ₂	12-20 m
T ₃	27-30 m
T ₄	42-48 y 60-68 m
T ₅	83-93 m
T ₆	126 m

Desde el punto de vista cronológico, aunque no existen dataciones absolutas de los diferentes niveles de terrazas, las secuencias morfogenéticas representadas se ordenan, siempre de modo relativo y por correlación altimétrica con las terrazas de las cuencas del Cinca y del Segre (Peña y Sancho, 1988) del siguiente modo: el nivel 1 se incluye en el Holoceno, los niveles 2 y 3 pertenecen claramente al Pleistoceno superior, el nivel 4 al Pleistoceno medio y los niveles 5 y 6 deben ser considerados del Pleistoceno inferior, sin poder realizar mayores precisiones.

El espectro litológico revela una procedencia pirenaica con cantos de calizas, calizas de alveolinas, cuarcitas, granitos y microconglomerados. Los cantos son redondeados con formas predominantemente discoidales y elipsoidales. En general, el depósito es granosostenido, con matriz arenoso-limosa que puede estar ausente. La mediana está en torno a los 8 cm y se aprecia una disminución del centil en las terrazas más modernas, que pasa de los 60 cm de la T₆ a los 35 cm de la T₁. Normalmente las secuencias en cada nivel son grandecrecientes y culminan con facies de limos identificados como depósitos de inundación. El grado de cementación se incrementa en los niveles superiores, donde es frecuente el desarrollo de costras calcáreas a techo. La cementación del sustrato detrítico da lugar a facies de gravas calcificadas y sobre

ellas aparecen facies de caliche pulevurento, llegando a desarrollarse en algún punto facies nodulosas. Las facies laminadas y brechoides son escasas.

El conjunto de terrazas aparece totalmente desarrollado en la margen izquierda del río Gállego, tratándose de un sistema de terrazas encajadas y escalonadas desde el norte de la hoja hasta Zuera. Por el contrario, entre Zuera y San Mateo las terrazas comienzan a aparecer superpuestas, siendo imposible la observación del sustrato terciario. Estas circunstancias se hacen manifiestas después del desarrollo de la terraza de 60 m. En San Mateo de Gállego el sustrato terciario aparece a 40 m de profundidad. Todas estas observaciones se recogen en el trabajo de Benito (1989), que interpreta esta casuística como debida a la disolución de un sustrato evaporítico por las aguas del río Gállego.

Los conos de deyección aparecen desarrollados lógicamente en relieves aplanados, que corresponden a depósitos de las terrazas del río Gállego, o bien a diferentes valles de fondo plano. En cualquier caso se trata de abanicos aluviales de dimensiones reducidas. En general, los depósitos presentan tramos constituidos por gravas que se interpretan como depositadas en los momentos de mayor arrastre de las avenidas y otros, formados por limos con cantos dispersos, que resultan de la pérdida de competencia del flujo procedente del barranco correspondiente.

La acción de la escorrentía superficial se hace muy intensa sobre los materiales blandos, llegando a producir pequeñas áreas acaravadas con elevada densidad de drenaje. En íntima unión con los procesos de reguerización y abarrancamiento se sitúan los fenómenos de *piping* (Gutiérrez *et al.*, 1988), es decir generación de conductos subsuperficiales situados a poca profundidad. Las áreas de *piping* se localizan en el abanico existente al norte de La Paul, en la ladera norte de la ermita de Santa Quiteria en Tardienta y en las laderas orientales y fondos de valle incididos de la depresión de Tardienta.

Puntualmente las terrazas pueden aparecer afectadas por deformaciones diapíricas de carácter perforante, tales como las que se localizan 2 km al norte de San Mateo de Gállego, en las proximidades de la caseta de Urriés. Se trata de penetraciones de margas miocenas que producen fracturas de componente inversa y algunas estructuras de carácter dúctil (Benito y Casas, 1987).

3.2.2.2. *Laderas*

Las laderas desarrolladas al pie de escarpes estructurales o cornisas, bien sean de terrazas o de calizas, ocupan una extensión relativamente importante en el conjunto de la hoja. Se trata de laderas del tipo de cantil-talud, desarrollándose en el talud una regularización bastante generalizada que viene manifestada por una cobertera de material detrítico que se desarrolla hasta las partes inferiores cóncavas de estas laderas. Estos depósitos enlazan lateralmente con los materiales que rellenan los valles de fondo plano. Generalmente, entre dos niveles de terraza escalonados aparecen coluviones que funcionan como elementos de enlace. Por otra parte las laderas desarrolladas sobre las formaciones margoyesíferas presentan una regularización mucho más marcada, en la que pueden observarse cementaciones dispersas de los constituyentes yesíferos.

Por los datos que se conocen de las regiones limítrofes, en las que se han efectuado dataciones por métodos arqueológicos, es posible aseverar que las acumulaciones de vertiente corresponden a episodios del Holoceno superior (Rodríguez, 1986 y Sancho *et al.*, 1988), en relación con fases frías existentes en esta época. Por el contrario las etapas con tendencia a una mayor aridez desencadenan la incisión de los barrancos en los materiales de ladera anteriormente depositados.

3.2.2.3. *Formas endorreicas*

En este apartado se estudian aquellas depresiones cerradas no relacionadas genéticamente con procesos típicamente kársticos. Este tipo de depresiones presentan, o han presentado, un régimen endorreico en el que se reconocen contenidos más o menos significativos de sales. En el estudio de Dantin (1942) se efectúa una catalogación minuciosa de las zonas endorreicas del territorio aragonés y más recientemente Ibáñez (1975) se preocupa del endorreismo del sector central de la Depresión del Ebro.

En la Hoja de Zuera aparece un área relativamente extensa que se sitúa en la zona de contacto entre depósitos de glaci y terraza, denominada El Vedado de Zuera (Benito, 1989). Su contorno es irregular con una elongación submeridiana, dimensiones de 1-2 km y una profundidad media de unos 6 m. Su génesis puede ser debida a procesos hidroclícos.

3.2.2.4 *Formas kársticas*

Los procesos de karstificación únicamente se hacen patentes sobre las formaciones yesíferas aflorantes, o bien sobre coberteras aluviales depositadas sobre estas formaciones. Dada la elevada solubilidad del yeso las formaciones generadas por la disolución de los mismos alcanzan un elevado desarrollo en el sector central de la Depresión del Ebro.

La karstificación trae consigo la generación de distintos campos de dolinas, que pueden desarrollarse sobre yesos aflorantes o, sobre todo, bajo depósitos aluviales, en cuyo caso se trata de dolinas de karst cubierto. En el primer caso podemos reconocer pequeñas dolinas al norte y al sureste de la depresión cerrada de El Vedado, y en el segundo se localizan agrupaciones de dolinas sobre terrazas del Gállego (al este de Zuera y al sur de El Temple) y glaci (norte de Zuera y oeste de Ontinar del Salz). Las dolinas de mayores dimensiones aparecen sobre el nivel de glaci existente al norte de Zuera en la zona conocida como Campo Franco. Se trata de dolinas en cubeta de hasta 600 m de eje mayor y que presentan cierto alargamiento en el sentido de la pendiente. En las otras agrupaciones de dolinas se pueden reconocer morfologías en cubeta, embudo y pozo (Benito, 1989).

El proceso de disolución de los yesos presenta una importante funcionalidad actual (Zuidam, 1976; Benito, 1987; Benito y Gutiérrez, 1987; entre otros) y como consecuencia del mismo se producen muchos problemas geotécnicos sobre las construcciones, obras lineales y agricultura. Así, se ha observado un gran desarrollo y funcionalidad de los colapsos en el sector de Dupla (entre Puilatos y Zuera). El pueblo de nueva construcción de Puilatos nunca llegó a habi-

tarse debido a las numerosas grietas y asentamientos que afectaron a los edificios, como consecuencia de la disolución de los yesos infrayacentes al nivel de terraza sobre el que está asentado el pueblo.

3.2.2.5. Formas poligénicas

Las acumulaciones de depósitos de glaciis, en esta parte central de la Depresión del Ebro, alcanzan un importante desarrollo, así como los valles de fondo plano o *vales* (Zuidam, 1976; Mensua e Ibáñez, 1977 y Alberto *et al.*, 1984). Los diferentes niveles de glaciis que pueden diferenciarse se estructuran en sistemas de glaciis-terrazza, en los que se produce una indentación de los depósitos de ambas formas o una superposición parcial de los glaciis. Se localizan en el piedemonte de la Sierra de Alcubierre y de los Montes de Castejón.

Al este de la depresión de El Vedado, y arrancando de los niveles carbonatados de El Coronazo, se localiza un nivel de glaciis que presenta su nivel de base en esta depresión, aunque aparece ligeramente colgado sobre el fondo de la misma. Corresponde a un glaciis erosivo, desprovisto de depósito, que bisela las formaciones miocenas parcialmente, reconociéndose algunas capas duras de calizas miocenas que resaltan a modo de *chicots*.

En la margen derecha del Gállego y, procedentes de los Montes de Castejón, se localizan diferentes niveles de glaciis (G_5 , G_4 , G_3 y G_2), dirigidos hacia el sureste con pendientes variables que oscilan entre el 1 y 3%, que aparecen muy disectados por la red fluvial. El nivel que alcanza una mayor extensión (G_3) se localiza al oeste de Puilatos y aparece colgado 30 m sobre el río Gállego. Sobre él se desarrollan, como hemos indicado, un conjunto de dolinas aluviales. En general, los niveles estudiados presentan potencias que oscilan entre 1 y 9 m y, litológicamente, están constituidos por cantos angulosos y subangulosos de caliza y yeso de 5 cm de mediana, empastados en una matriz de carácter limo-arcilloso. El depósito presenta formas canaliformes sin aparente organización de los cantos, aunque en ocasiones presenta estratificación cruzada, horizontal e imbricación de cantos. Los niveles están pobremente cementados, con desarrollo ocasional de costras de tipo pulverulento. Estos depósitos aparecen afectados por deformaciones en forma de domo formadas en relación con la halocinesis de los yesos infrayacentes, que producen una estructura antiformal de escala decamétrica, con eje orientado norte-sur, acompañada por fracturas fundamentalmente de componente inversa, que comprenden un abanico de direcciones que oscila de ENE a ESE. Los saltos de falla pueden alcanzar más de 1,5 m (Benito, 1989).

Las formas acumulativas poligénicas más recientes comprenden los derrames o glaciis subactuales y los valles de fondo plano o *vales*. Los primeros alcanzan un desarrollo considerable en la zona de Tardienta al noreste de la hoja, y se trata de formas de escasa pendiente constituidas por depósitos limo-arenosos con lentejones de gravas. Estas acumulaciones enlazan tanto con los depósitos de regularización de las laderas como con los de los valles de fondo plano.

Los valles de fondo plano o *vales* presentan una base llana y resultan del relleno parcial de antiguos barrancos de incisión. La red de vales es de carácter dendrítico y su densidad aumenta considerablemente sobre las formaciones yesíferas. Las pendientes longitudinales son muy

débiles. Las *vales* más importantes existentes en la hoja son las de Recordín, que desagua en el barranco de La Violada, y Valdeparadas, ambas en la margen izquierda del Gállego. Los valles de fondo plano de El Salado y Vallferrera son los más significativos de la orilla derecha del Gállego. Todas estas acumulaciones de valle se presentan en la actualidad incididas por la red fluvial, que en ocasiones llega al sustrato mioceno. Los depósitos que rellenan los valles de fondo plano están compuestos por una base con predominio del material grosero, donde ocasionalmente se pueden observar algunas estructuras como estratificación horizontal, cruzada planar y, más raramente, en surco. Sobre ellos se apoyan niveles alternantes de limos y gravas cuya potencia oscila entre 0,2 y 1 m aproximadamente. Se encuentran cantos redondeados de yeso y/o subangulosos de caliza dependiendo del área madre. La potencia total de estos perfiles oscila entre 1 y 7 m.

El origen de estas acumulaciones va ligado a procesos fluviales, parcialmente a transportes eólicos y también a suministros de materiales por evolución de laderas (Llamas, 1962; Torras y Riba, 1968 y Zuidam, 1976).

3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

En los apartados anteriores ya se ha realizado una descripción pormenorizada de las distintas formaciones superficiales, así como de su constitución litológica, de sus rasgos sedimentológicos y de su distribución areal. Todo ello ha sido aplicado para depósitos recientes tanto de origen fluvial como de movilización en la ladera. Por consiguiente, no se estima preciso efectuar una nueva descripción de estos materiales.

3.4. EVOLUCION DINAMICA (HISTORIA GEOMORFOLOGICA)

La evolución geomorfológica de la región ocupada por la hoja comienza con la etapa final de la sedimentación carbonatada, que se reconoce en el sector centromeridional de la Depresión del Ebro. Con posterioridad se produce una etapa de deformación a la que sigue el desarrollo de una superficie de erosión, que bisela las estructuras producidas, y que va acompañada de depósitos detríticos y de costras calcáreas. Esta superficie se reconoce en La Plana y La Muela de Zaragoza (Zuidam, 1976 y Soriano y Gutiérrez, 1983) y La Plana de la Negra (Gracia *et al.*, 1985) e indica por sus cantos procedencias de la Cordillera Ibérica y del Pirineo respectivamente. Correspondiendo con estas etapas tiene lugar el comienzo del exorreismo de la Cuenca del Ebro y el inicio de los procesos erosivos que paulatinamente van construyendo las diferentes morfologías estructurales.

La labor erosiva del río Gállego y sus afluentes trae consigo el continuo encajamiento de la red en los materiales miocenos, configurando típicos relieves estructurales de plataformas, mesas y gradas a su pie cuando se produce la disección sobre materiales duros. Por el contrario, la dinámica externa cuando afecta a materiales margoyesíferos modela un conjunto de cordones alomados separados por la red de valles de fondo plano.

Por otra parte, el río Gállego en su paso por esta hoja ha dejado un sistema de terrazas enca-

jadas y escalonadas, reconociéndose en los niveles superiores carbonataciones más o menos importantes. Al sur de Zuera esa evolución se ve complicada por la aparición de las formaciones yesíferas que son objeto de una importante disolución por las aguas del Gállego, dando origen a un conjunto de terrazas complejas y superpuestas, en las que no se observa el sustrato mioceno, con importantes incrementos en la potencia de los aluviones.

Simultáneamente a la sedimentación de las terrazas se van generando sistemas de glaciares que enlazan o se superponen parcialmente con los correspondientes niveles de terraza. Todos estos glaciares arrancan de los relieves circundantes de los Montes de Castejón y, en menor medida, de la Sierra de Alcubierre, y son de carácter acumulativo excepto las zonas de raíz del glaciar situado al este de la depresión de El Vedado.

Los depósitos de terrazas y glaciares medios y altos, se encuentran ocasionalmente deformados por halocinesis y diapirismo de los yesos y de las margas infrayacentes, dando estructuras domáticas y perforantes acompañadas por sistemas de fallas.

El conjunto de encajamientos que da lugar a la estructuración de los glaciares y de las terrazas hay que interpretarlo como debido a cambios climáticos que se han producido durante los tiempos cuaternarios. Muy posiblemente las etapas agradativas representan climas relativamente más húmedos y fríos y las épocas de encajamiento pueden corresponder a momentos más secos y cálidos.

Las etapas acumulativas más recientes vienen representadas por los derrames o glaciares subactuales, los valles de fondo plano y las regularizaciones de las laderas. Los depósitos que conllevan estas morfologías son coetáneos y se indentan unos con otros. En la actualidad todas estas acumulaciones recientes aparecen disectadas por la red fluvial y se debe interpretar este cambio en los procesos geomorfológicos como derivado, fundamentalmente, de un cambio climático, aunque de menor entidad de los que se interpretan para los sistemas de glaciares-terrazas.

La elevada solubilidad de los yesos miocenos trae consigo la generación de campos de dolinas, que se desarrollan sobre yesos aflorantes o cubiertos por depósitos de glaciares y terrazas.

3.5. MORFODINAMICA ACTUAL Y/O SUBACTUAL

El río Gállego presenta una morfología intermedia entre meandriforme y anastomosado, donde la carga actual de la fracción grava es mayoritaria frente a la arena, mientras que los finos apenas están representados. La anchura del cauce actual es variable y la relación anchura-profundidad es alta. Los procesos activos característicos son la migración de meandros, erosión de barras y estrangulamiento de cauces. Asimismo, se desarrollan barras e islas que modifican la dirección de flujo y por tanto cambian la localización de las zonas de erosión de los bancos.

Los procesos kársticos de disolución de los materiales yesíferos presentan en esta región de la Depresión del Ebro una importancia y magnitud considerable. El rasgo más característico es el de su fuerte funcionalidad, que trae consigo la aparición súbita de colapsos y de asentamien-

tos de la superficie del terreno, que producen importantes impactos sobre las áreas cultivables y también sobre las diferentes obras lineales y construcciones.

Otros procesos de funcionalidad actual son los derivados a la reguerización y abarrancamiento en áreas de materiales lábiles, donde las tasas erosivas alcanzan valores muy importantes, sobre todo en zonas de escasa vegetación típicas de estos medios semiáridos. En relación con los mismos los procesos de *pipiing* y *tunneling* acompañan al desarrollo de la red fluvial de bajo orden, ayudando a la exportación de los materiales a través de conductos subsuperficiales.

4. HISTORIA GEOLOGICA

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

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

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

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

Los sedimentos más antiguos que afloran en la hoja de Zuera son de edad Mioceno inferior (Ageniense) mientras que los más modernos pertenecen al Mioceno medio-superior (Aragoniense superior). Estos depósitos se han dividido en cinco unidades genético-sedimentarias, descritas en el capítulo de estratigrafía, que se denominan: unidad Galocha-Ontiñena, unidad Bujaraloz-Sariñena, unidad Remolinos-Lanaja, unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora y unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón. 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. Todo el sedimento de la unidad evoluciona a facies evaporíticas hacia las partes más distales de la cuenca. Esta ordenación se interpreta como el resultado de la progradación 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 exclusivamente del margen pirenaico.

Dentro del área cartografiada, el registro sedimentario más antiguo corresponde a los materiales margo-carbonatados que constituyen la parte superior de la unidad Galocha-Ontiñena.

Posteriormente se depositan sedimentos evaporíticos con escasos paleocanales, que corresponden a materiales de la base de la unidad Bujaraloz-Sariñena, que pueden reflejar un período de reactivación de los sistemas aluviales procedentes del Pirineo durante el tránsito Ateniense-Aragoniense inferior (observable en la hoja de Almudevar). Hacia el techo la unidad está constituida por sedimentos más francamente evaporíticos que indican una expansión de los sedimentos correspondientes a lago salino.

Los materiales aluviales que en la parte septentrional de la hoja constituyen la base de la Unidad Remolinos-Lanaja, representan otra etapa de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales. Hacia el techo de esta unidad se desarrollan materiales predominantemente margo-carbonatados que implican la disminución de la actividad fluvial y el desarrollo, nuevamente, de unas condiciones lacustres expansivas con las que culmina la unidad. Todo el sedimento que constituye la unidad evoluciona hacia el sur a sedimentos evaporíticos.

Posteriormente se depositan sedimentos detríticos de llanura de inundación pertenecientes a la base de la unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora que implican una nueva etapa de reactivación de los sistemas aluviales de procedencia pirenaica. Estos materiales evolucionan hacia el sur a sedimentos predominantemente evaporíticos, mientras que hacia el techo se desarrollan sedimentos margo-carbonatados que denotan una nueva expansión de los sistemas lacustres.

Más tarde se depositan sedimentos de abanico aluvial distal (base de la unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón) que recubren los materiales lacustres de la unidad anterior. Estos sedimentos representan una nueva reactivación de los sistemas aluviales de procedencia pirenaica reconocible a lo largo de todo el sector central de la Cuenca del Ebro. Como la unidad inferior, estos materiales evolucionan, hacia el S, a sedimentos evaporíticos mientras que hacia el techo evolucionan a sedimentos carbonatados de origen lacustre-palustre.

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

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

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

El intenso proceso de vaciado erosivo configura la morfología actual del área mediante un modelado de erosión diferencial. Las etapas en las que domina la sedimentación, permiten la

formación de sucesivos niveles de glaci 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

La casi totalidad de la actividad económica y el desarrollo demográfico de la hoja se registran a lo largo del valle del río Gállego, que atraviesa de norte a sur el tercio oeste de la hoja. Y es alrededor de su principal núcleo de población, Zuera, donde se encuentran los 6 indicios reconocidos en la hoja.

De las explotaciones que había tan solo una continúa en activo: una cantera de yeso que sirve a una fábrica anexa situadas ambas 1,5 km al NO de Zuera. Otras dos canteras también próximas al NO de la hoja, hace bastantes años que están inactivas y caducadas.

Las otras tres explotaciones, igualmente inactivas, lo fueron de áridos sobre distintas terrazas de la margen derecha del Gállego; todas contiguas a la carretera N123. Incluso a lo largo de la vía férrea en su travesía por encima de los materiales aluviales se encuentran huellas de extracción de gravas para su propio tendido. Es evidente que los puntos de extracción han debido ser múltiples aunque la reseña se limita a los tres que fueron inventariados en el mapa de Rocas Industriales.

Todas estas explotaciones hace tiempo están inactivas y caducadas. Por lo demás el indudable impacto ambiental que suponen y el hecho de poder ser suplidas con ventaja por áridos de machaqueo ayudan a desestimar estos indicios y los materiales que se explotaron como un recurso con futuro económico.

Debe señalarse que gran parte del término de Zuera (suroeste de la hoja) han sido delimitados como Permisos de Investigación, "Gema 1,2 y 3", para sal gema y aguas mineromedicinales (posiblemente para su beneficio minero como salmueras), sin que se pueda descartar la presencia de sulfato sódico.

5.1.1. Minerales no metálicos

5.1.1.1. Aspectos generales

De las tres canteras de yeso ya citadas la única activa, "San Bartolomé" nº 18402, explota en dos bancos de 5 m de altura y 100 de frente una masa subhorizontal de hasta 12 m de potencia que tiene una ley del 80% de SO_4Ca . El laboreo se hace por voladura sobre unas reservas grandes y una producción declarada de 8000 t/año.

Esta cantera con las inactivas configuran un recurso mineral que es abundante en la zona, pero que las buenas condiciones de explotación (frente, potencia, etc) junto con la demanda, instalaciones de calcinación, etc. determinan su valor puntual.

5.1.1.2. *Descripción de los materiales*

Los yesos explotados, que arman en margas arcillosas, forman parte de la formación Yesos de Zaragoza (Quirantes, 1969) de edad Mioceno inferior-medio. En general parece tratarse de yesos secundarios formados a partir de la hidratación de anhidrita.

5.1.2. **Rocas industriales**

A este apartado responden las tres canteras de áridos señaladas anteriormente que se encuentran inactivas y caducadas.

5.1.2.1. *Aspectos generales y descriptivos*

Ya se ha señalado cómo las explotaciones de áridos son actividades en declive por lo eventual de su explotación en zonas rurales (firmes de carreteras, vías férreas) y por la presión ambiental. Las aquí contempladas están hace tiempo inactivas y caducadas.

Los materiales explotados fueron las gravas y arenas en general cuarcíticas, aunque también con abundancia de elementos carbonatados, de diversas terrazas de la margen derecha del Gállego. La distribución por tamaños está desequilibrada ante la enorme preponderancia de los gruesos >4 cm con aproximadamente el 50% y menores de 1 cm tan solo el 3%, aproximadamente. Se trata sin duda de depósitos de alta energía tractiva.

5.2. HIDROGEOLOGIA

Los depósitos cuaternarios asociados al río Gállego, que atraviesa la hoja de norte a sur, constituyen el único acuífero de nivel regional (ver esquema hidrogeológico).

Excluyendo esta formación solamente tienen algún interés el resto de depósitos cuaternarios (glacis, rellenos de vales) y los materiales terciarios yesíferos de la Formación Zaragoza.

La recarga del acuífero aluvial se realiza por infiltración de la lluvia, de los excedentes de riego y por aportes de los materiales adyacentes.

La descarga natural se produce a través de manantiales que drenan los niveles colgados y por extracción en pozos y sondeos.

Las aguas subterráneas son poco aprovechadas como se refleja en la escasez de puntos de agua (ver cuadro resumen).

MINERALES METALICOS Y NO METALICOS

NUMERO	COORD. UTM	Litología	Municipio y Provincia	Sustancia	Naturaleza del depósito	Otros datos
1	682.150/ 4639.580	Yesos, margas limos yesíferos	Zuera (Z)	Yeso	Evaporítica	Reservas grandes. Inactivas. Para la fabricación de yeso aglomerante
2	682.450/ 4639.075	Yesos, margas limos yesíferos	Zuera (Z)	Yeso	Evaporítica	Reservas grandes. Inactivas. Para la fabricación de yeso aglomerante
3	683.650/ 4639.380	Yesos, margas limos yesíferos	Zuera (Z)	Yeso	Evaporítica	Activa, para un horno próximo. Se trata de la cantera San Bartolomé

ROCAS INDUSTRIALES

NUMERO	COORD. UTM	Litología	Municipio y Provincia	Sustancia	Naturaleza del depósito	Otros datos
4	683.175/ 4635.800	Gravas y arenas	Zuera (Z)	Aridos	Aluvial	Explotación inactiva y caducada sobre terraza del Gállego
5	682.870/ 4634.500	Gravas y arenas	Zuera (Z)	Aridos	Aluvial	Explotación inactiva y caducada sobre terraza del Gállego
6	682.770/ 4633.900	Gravas y arenas	Zuera (Z)	Aridos	Aluvial	Explotación inactiva y caducada sobre terraza del Gállego

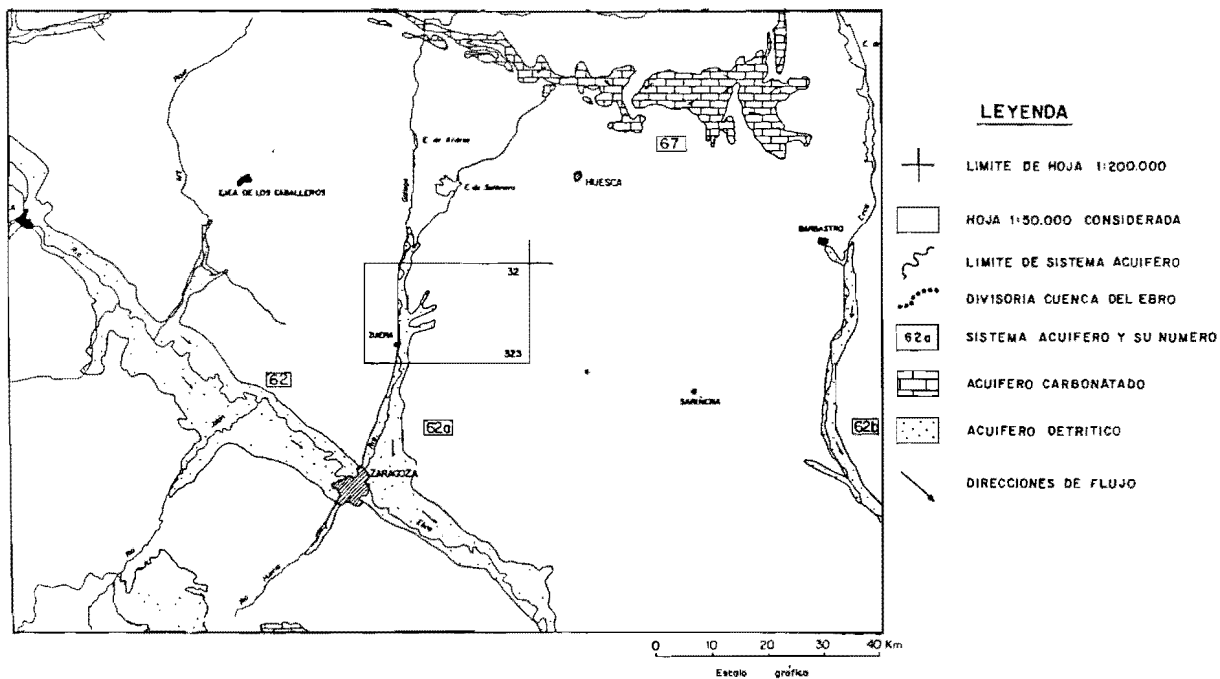


Fig. 10. Esquema hidrogeológico regional

El principal condicionante de este hecho será la existencia de numerosos canales que cubren las demandas agrícolas y de abastecimiento. También supone un factor en contra de su utilización la mala calidad de las mismas. Son aguas muy duras de carácter bicarbonatado-sulfatado cálcico con alta mineralización.

CUADRO RESUMEN DEL INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

Octante	Naturaleza (*)			Caudal medio (m³/h)			Prof. media (m)		Número Total Puntos
	M	P	S	M	P	S	P	S	
1	3	—	2	2	—	—	—	166	5
2	2	1	2	—	—	20	4	45	5
3	—	2	1	—	—	—	4	60	3
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	4	—	7	2	—	0,75	—	42	11
6	1	—	15	2	—	6	—	42	16
7	1	3	—	—	—	—	5	—	4
8	—	1	—	—	—	—	5	—	1
Total hoja	11	7	27	2	—	8	4,5	71	45

(*) Naturaleza: M Manantial
P Pozo
S Sondeo

5.2.1. Climatología

La red de control del Instituto Nacional de Meteorología tiene ubicadas dentro de la hoja 9 estaciones, 4 de las cuales toman además de precipitación, registro de temperatura.

La serie más larga de registros pluviométricos corresponde a la estación nº 9494 Ontinar del Salz.

Precipitaciones mensuales completadas (mm) (1940-1985)

Estación 9494	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
Media	36,6	34,0	32,4	31,1	27,3	34,5	35,3	50,4	45,7	21,2	33,5	40,4	422,6
D. Típica	33,6	33,9	23,5	27,7	20,7	27,3	34,7	35,4	39,5	20,0	50,3	43,3	100,9

Según estos valores y como se refleja en el mapa de isoyetas la precipitación media anual es muy escasa con valores del orden de 400 mm. Los valores más altos se registran a finales de primavera.

Hay que considerar el hecho de que esta distribución media mensual no refleja el fenómeno de que la mayoría de las precipitaciones se producen de manera concentrada en tormentas.

La media de temperatura interanual ronda los 14°C y existe una notable diferencia entre las máximas y mínimas (3,8°C en enero y 24,5°C en julio).

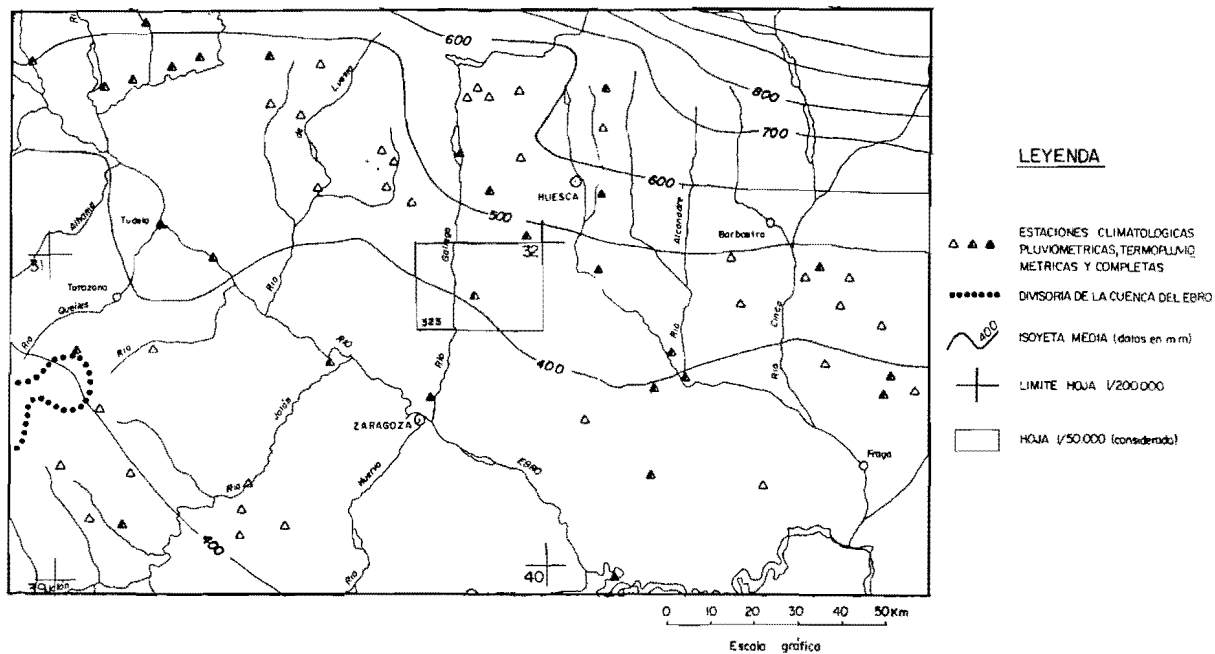


Fig. 11. Mapa regional de isoyetas medias

Temperaturas medias mensuales históricas (°C) (1940-1985)

Estación 9492	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
Media	14,7	5,2	4,5	3,8	5,4	9,1	12,5	16,5	21,7	25,2	24,5	20,9	14
D. Típica	1,9	1,6	1,6	1,9	2,1	1,6	1,6	2,0	1,8	1,7	1,6	1,9	0,8

Temperaturas medias mensuales históricas (°C) (1940-1985)

Estación 9495	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
Media	14,4	8,7	5,3	4,7	6,2	9,2	12,1	15,6	20,1	23,3	23,0	20,1	13,6
D. Típica	1,7	1,6	1,5	1,8	1,9	1,6	1,6	1,8	1,8	2,3	1,4	1,9	0,8

La evapotranspiración anual es del orden de 800 mm, cantidad que supone el doble de la precipitación. El regadío, muy frecuente en la zona, cubre estos déficits en el suelo, incluso en exceso.

Según la clasificación agroclimática de Papadakis, Zuera posee un clima continental templado con invierno avena fresco, verano arroz y régimen de humedad mediterráneo seco.

5.2.2. Hidrología

El principal curso de agua en la hoja, y el único que mantiene circulación durante todo el año es el río Gállego, que la atraviesa de N a S en su sector occidental.

El resto de barrancos se pierden antes de llegar al río principal y tienen carácter torrencial.

Las dos cuencas hidrográficas que se diferencian según la clasificación decimal de los ríos del M.O.P.U. son las del río Gállego y del Flumen.

La divisoria superficial atraviesa la hoja de N a S según el meridiano de Tardienta.

La Confederación Hidrográfica del Ebro controla un total de 4 estaciones de aforo en ríos, más otras situadas en el canal de Monegros.

La estación nº 209 del Gállego está fuera de servicio. La nº 246 pertenece a la red de calidad y toma registros mensuales del río Gállego en Ontinar del Salz. El barranco de la Violada tiene 2 estaciones, una con registro continuo en Zuera (nº 229) y otra aguas arriba en La Pardira (nº 230). La estación nº 429 se sitúa en la derivación del canal del Flumen a partir del de Monegros.

El regadío en la zona se mantiene gracias a un complejo entramado de canales que tienen su origen en el embalse de la Sotonera. El más importante de ellos es el Canal de Monegros.

La calidad química del río Gállego presenta variación estacional con una ligera tendencia al aumento de la conductividad en períodos de sequía.

5.2.3. Características hidrogeológicas

La mayoría de la hoja está ocupada por materiales terciarios continentales de permeabilidad reducida y que no dan lugar a acuíferos. Entre estas formaciones terciarias la única que presenta una permeabilidad apreciable es la Formación yesífera de Zaragoza.

Con respecto a los cuaternarios hay que destacar la unidad acuífera constituida por el aluvial y terrazas del río Gállego perteneciente al sistema acuífero nº 62 "Aluvial del Ebro y afluentes". Con mucha menor importancia se pueden considerar los glaciares y rellenos de barrancos.

5.2.3.1. Aluvial del Río Gállego

El espesor del aluvial es inferior a 25 m desde el límite N de la hoja hasta aguas abajo de Zuera y en este tramo las únicas formaciones interesantes se sitúan sobre las terrazas más antiguas de la margen izquierda. Los niveles de terraza más recientes están poco desarrollados y en toda la zona los espesores saturados del aluvial no superan los 10 m.

En la zona de S. Mateo de Gállego el valle se encaja rápidamente aumentando considerablemente el espesor de los depósitos aluviales. Este alcanza un máximo de 40 m en S. Mateo de Gállego, aunque en Villanueva de Gállego (ya fuera de la hoja) llega a ser de 80 m. El perfil de la base del acuífero sufre cambios de pendiente y muestra depresiones cerradas que se deben a una disolución diferencial de depósitos salinos infrayacentes con respecto a los yesos y margas.

El acuífero aluvial está compuesto por arenas, gravas y limos procedentes de las formaciones adyacentes.

La única terraza conectada al fondo aluvial actual es la más baja.

La permeabilidad asociada a esta formación es alta aunque hay que tener en cuenta las variaciones que pueden surgir en función del predominio de materiales más gruesos o más finos. La transmisividad oscila entre 100-200 m²/día.

La recarga se produce a partir de la precipitación, de la infiltración de los excedentes de riego y de aportes de los materiales adyacentes. La descarga se efectúa a través de surgencias asociadas a los niveles colgados y por la extracción en sondeos y pozos.

Hasta S. Mateo de Gállego la dirección de flujo es paralela al río. El máximo gradiente es en dirección longitudinal. A partir de este punto el río se convierte en afluente drenando el acuífero.

Considerando una superficie aproximada de 87 km², con un espesor medio saturado de 10 m y una porosidad del 10% se obtendrían unas reservas del orden de 87 hm³.

La obra de captación más frecuente es el sondeo con una profundidad media de 27 m. Muchos de ellos están abandonados.

Los manantiales asociados a los escarpes de las terrazas tienen un caudal medio de unos 2 l/s fluctuante según los regadíos.

La mayoría de los puntos inventariados no se aprovechan debido a la mala calidad química de sus aguas y a la amplia red de distribución de aguas superficiales.

5.2.3.2. *Otros materiales cuaternarios*

Dentro de éstos los únicos con cierto interés son los glaciares y los rellenos de barrancos.

Los glaciares se sitúan en la margen derecha del río. Tienen poca extensión, un espesor medio de 4 m (pueden llegar hasta 20 m) y están formados por cantos englobados en una matriz arcillosa.

Los rellenos de barrancos se distribuyen por la margen izquierda. Los más importantes son el barranco de Recordín y el de Valdeparadas. Su anchura máxima ronda los 200 m y su potencia es del orden de 4 m.

La recarga se produce en ocasión de las lluvias tanto por la infiltración directa de la precipitación como por los aportes ligeramente diferidos de los bancos de calizas adyacentes. Los cursos superficiales asociados a los barrancos se infiltran con rapidez en los depósitos cuaternarios.

La utilización que se hace de estos acuíferos se limita a la extracción de aguas a través de pozos excavados de gran diámetro, que se usan ocasionalmente para abreviar ganado. No tienen equipo de bombeo.

5.2.3.3. *Formaciones yesíferas terciarias*

Estos materiales pertenecientes a la Fm. Zaragoza (Quirantes, 1969) aparecen intercalados con niveles margosos y, en ocasiones, niveles de sales cloruradas.

Cuando los yesos afloran, las formas generadas por karstificación son escasas, pero éstas alcanzan su mayor intensidad bajo las coberteras aluviales. La karstificación es plenamente funcional como se comprueba por la creación continua de nuevas dolinas, que llevan incluso al abandono de pueblos, p.ej. en el caso de Puilatós.

Es de esperar por tanto una permeabilidad elevada aunque localizada. No obstante, aún en el caso de poder obtener caudales interesantes, la alta mineralización de las aguas incluidas en estos materiales hace que no pueda considerarse como acuífero al resultar prácticamente inutilizables.

5.2.3.4. Hidroquímica

La mayor parte de las aguas del aluvial están en la frontera entre dulces y salobres. El total de sólidos disueltos se sitúa entre 1000 y 2000 mg/l.

Se pueden distinguir, en función de su contenido único 3 tipos de aguas:

- Cloruradas sódicas (281360001-3)
- Bicarbonatadas - sulfatadas cálcicas (281350002, 281350004)
- Sulfatadas cálcicas (281350005, 281350009-10)

Las primeras, cloruradas sódicas, con aguas muy salinas (TSD > 15000 mg/l), están probablemente relacionadas con la presencia de paquetes salinos.

Las de carácter sulfatado corresponden a manantiales y presentan la mineralización lógica dada la naturaleza yesífera del medio. Las aguas bicarbonatadas-sulfatadas pueden sugerir la influencia de aguas superficiales. Tienen concentraciones en nitratos muy elevadas (>100 mg/l) mostrando los efectos contaminantes de las actividades agrícolas.

5.3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES

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

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

AREA I: Comprende los depósitos terciarios con predominio de facies yesíferas y margoso-carbonatadas que no constituyen relieves de importancia.

Dentro de este área podemos distinguir las siguientes zonas:

Zona I₁: A ella pertenecen las unidades cartográficas (1), (2), (5), (8) y (9).
Está constituida por arcillas con capas de aspecto tabular de areniscas y calizas.

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

Posee un mal drenaje profundo, debido a la impermeabilidad intrínseca de las arcillas. Esto puede ocasionar riesgos de encharcamiento, si coinciden con determinadas características topográficas.

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

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

Zona I₂: A ella pertenecen las unidades cartográficas (3), (6) y (10).

Está constituida por arcillas con niveles de yeso nodular, y capas de caliza y areniscas.

Presenta unas características geotécnicas similares a las unidades de la zona anterior, pero además la presencia de yeso aumenta la agresividad a los hormigones.

Zona I₃: A ella pertenecen las unidades cartográficas (4), (7) y (11).

Está constituida por yesos tabulares, en capas cuya potencia está comprendida entre algunos cm y 0,6 m, y margas yesíferas intercaladas.

La estratificación es, generalmente, buena en niveles horizontales, pero con ondulaciones frecuentes por la tectónica local que originan los yesos.

La acción de la escorrentia puede originar problemas por disolución.

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

Los materiales de este grupo geotécnico no son ripables.

AREA 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.

Dentro de este área se pueden diferenciar las siguientes zonas:

Zona II₁: Comprende las unidades cartográficas (12), (13) y (14).

Está formada por calizas y arcillas con niveles de areniscas intercalados, dispuestas horizontalmente y con una estratificación homogénea.

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

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

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

Zona II₂: Comprende la unidad cartográfica (15).

Está formada por margas, arcillas y yesos nodulares, con disposición horizontal ondulante, con algunos repliegues locales.

Estos materiales pueden presentar agresividad a los hormigones, por la acción de los sulfatos.

Es una formación ripable.

El drenaje superficial es de tipo medio, debido a la pendiente, generalmente, elevada que posee el terreno. Por el contrario, la permeabilidad es reducida.

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

Se han distinguido las siguientes zonas:

Zona III₁: Está formada por las unidades cartográficas (16), (18), (20), (21), (22), (24) y (26).

Está constituida por bloques y cantos redondeados de rocas ígneas y metamórficas, fundamentalmente, y arenas.

Presentan morfología de terraza.

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

Los taludes se mantienen prácticamente verticales.

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

Zona III₂: Está formada por las unidades cartográficas (17), (19), (23) y (27).

Está constituida por limos y arcillas, en parte encostrados, que corresponden a depósitos de llanuras de inundación.

Es una zona inundable y encharcable, con drenaje superficial y profundo generalmente muy bajo. Es fácilmente ripable, salvo en algunos puntos en que los niveles de encostramiento alcancen potencias próximas a 1 m de potencia. Asimismo, pueden presentar peligro de asientos importantes.

Zona III₃: Está formada por las unidades cartográficas (25) y (28).

Está constituida por limos, arcillas y gravas angulosas.

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

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

La ripabilidad es alta, mientras que la permeabilidad es muy baja y puede presentar problemas de aterramientos locales, por la naturaleza incoherente de los materiales que la forman.

Zona III₄: Está formada por la unidad cartográfica (29).

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

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

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

Puede presentar problemas de agresividad derivados de la presencia de yeso.

Zona III₅: Está formada por las unidades cartográficas (30), (31) y (33).

Está constituida por limos, arcillas, arenas y gravas.

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

Zona III₆: Está formada por la unidad cartográfica (32).

Está constituida por limos, arcillas, arenas y gravas.

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

Presenta unas características geotécnicas semejantes a las de la zona descrita anteriormente (Zona III₅), pero además, por atravesar formaciones con alto contenido en yeso, es de prever que las aguas pueden plantear problemas de agresividad a los hormigones.

CUADRO RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES DE LA HOJA DE ZUERA

AREAS	ZONAS	UNIDADES CARTOGRAFICAS	LITOLOGIA	ESTRUCTURA	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS
I	I ₁	(1), (2), (5), (8), y (9)	Arcillas, areniscas y calizas	Capas subhorizontales de pendientes suaves	Fácilmente ripables. Mal drenaje profundo por la impermeabilidad de las arcillas. Capacidad de carga moderada, entre media y baja. Posibilidad de asentamientos diferenciales en cimentaciones. Riesgo de erosionabilidad de los materiales
	I ₂	(3), (6) y (10)	Arcillas con niveles de yeso nodular, y capas de calizas y areniscas	Capas subhorizontales de pendientes suaves	Este grupo presenta unas características geotécnicas semejantes a la zona I ₁ , pero la presencia de yeso disperso en las arcillas aumenta la agresividad de las aguas a los hormigones
	I ₃	(4), (7) y (11)	Yesos tabulares y margas yesíferas intercaladas	Buena estratificación en capas horizontales, con frecuentes ondulaciones por tectónica local de los yesos	Problemas de disolución por la acción de la escorrentía. Problemas intensos de agresividad a los hormigones. Baja ripabilidad. Buena estabilidad de los taludes
II	II ₁	(12), (13) y (14)	Calizas y arcillas con niveles de areniscas	Disposición horizontal con una estratificación homogénea	Problemas de ripabilidad en los niveles de caliza más potentes. Posibles desprendimientos de bloques de caliza y areniscas por descalce de los niveles margosos subyacentes. Permeabilidad diferencial entre calizas y margas. Buen drenaje superficial
	II ₂	(15)	Arcillas y yesos nodulares	Disposición horizontal con algunos repliegues locales	Problemas de agresividad a los hormigones por la acción de los sulfatos. Formación ripable. Drenaje superficial de tipo medio, debido a la pendiente elevada del terreno. Permeabilidad reducida.
III	III ₁	(16), (18), (20) (21), (22), (24) (26)	Cantos y bloques redondeados y arenas	Depósitos horizontales con morfología de terrazas	Formación fácilmente ripable. Materiales aptos para la obtención de gravas y préstamo. Admite taludes verticales. En general son materiales permeables, donde el drenaje se efectúa por infiltración
	III ₂	(17) (19), (23) y (27)	Limos y arcillas, en parte encostrados	Depósitos de llanuras de inundación	Zona inundable y encharcable, con drenaje superficial y profundo muy bajo. Fácilmente ripable salvo en las zonas con encostramiento potente. Peligro de asentamientos importantes
	III ₃	(25) y (28)	Limos, arcillas y gravas angulosas	Estructura típica de glaciares con pendientes de 5%	Taludes inestables por su fácil erosionabilidad. Ripabilidad alta, mientras que la permeabilidad es muy baja. Problema de aterramientos locales
	III ₄	(29)	Arcillas y limos con materia orgánica	Depósito poco potente, dispuesto horizontalmente	Zona inundable por baja permeabilidad y mal drenaje superficial. Problemas de agresividad a los hormigones por la presencia de yeso
	III ₅	(30), (31) y (33)	Limos, arcillas, arenas y gravas	Depósitos poco potentes de disposición horizontal	Alta ripabilidad y permeabilidad de media a alta, sin problemas de drenaje. Taludes naturales por lo general bajos
	III ₆	(32)	Limos, arcillas, arenas y gravas	Depósitos de relleno de pequeños cauces	Características geotécnicas semejantes a (III ₅), pero con problemas de agresividad a los hormigones por la presencia de yeso

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

La hoja de Zuera se sitúa dentro del sector central de la Cuenca del Ebro, que presenta 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 Zuera y de su importancia dentro de este sector 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 escogieron un total de 7 P.I.G. Todos ellos poseen un marcado contenido geomorfológico y fisiográfico. La utilización que se propone para estos P.I.G. es fundamentalmente científica y didáctica y su importancia se considera regional.

Posteriormente, y usando el mismo criterio de selección anteriormente citado, se escogieron tres de entre los siete puntos iniciales por considerarlos los más representativos de la hoja y los que mejor ilustraban la geología del sector central de la Cuenca del Ebro. A continuación se describen brevemente.

- **P.I.G. Nº 1:** Con raíz en los Montes de Castejón se ha desarrollado un amplio sistema de glaciares que conectan esta sierra con las terrazas del río Gállego. Este punto permite una observación en detalle del arranque de uno de estos glaciares y de la morfología de su superficie.
- **P.I.G. Nº 2:** Los depósitos de glaciares más potentes hallados en el conjunto de hojas estudiadas en esta fase del proyecto son los del Barranco del Salado. En algunos casos llegan a superar los 25 m de espesor. Son depósitos de flujos en masa con numerosas cicatrices internas.
- **P.I.G. Nº 3:** Desde casi toda la superficie de la T₂ de la margen oriental del río Gállego se divisa una panorámica de elevado interés geológico. En primer término la superficie de la terraza, con una suave pendiente hacia el río, a continuación la llanura aluvial del mismo, detrás los escarpes y relieves estructurales de los yesos masivos de la Unidad de Zuera y en último término los Montes de Castejón.

7. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTI, J., CABRERA, LL., ANADÓN, P. y ARBIOL, S. (1988): A Late Oligocene-Early Miocene rodent biozonation from the SE Ebro Basin (NE Spain). A potential mammal stage stratotype. *Newsl. Stratigr.* 18 (2) pp. 81-97.
- ALBERTO, F., GUTIÉRREZ, M., IBAÑEZ, M. J., MACHÍN, J., PEÑA, J. L., POCOVÍ, A. y RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1984): El Cuaternario de la Depresión del Ebro en la región aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes. *Univ. de Zaragoza. Estación Experimental de Aula Dei.*, 217 pp. 2 mapas.
- ALVAREZ-SIERRA, M. A., DAAMS, R., LACOMBA, J. I., LÓPEZ MARTINEZ, N., VAN DER MEULEN, A. J., SESE, C. Y DE VISSER, J. (1990): Paleontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligoceno-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta. Geologica.* 94: 75 pp.
- ANADÓN, P., CABRERA, LL., COLOMBO, F., MARZO M. y RIBA, O. (1986): Sintectonic intraformational unconformities in alluvial fan deposits, eastern Ebro basin margins (NE Spain). En: P.H. Allen y P. Homewood (eds.), *Foreland basins. Spec. Pub., Int. Ass. Sedim.* 8, pp. 259-271.
- ANADÓN, P., VIANEY-LIAUD, M., CABRERA, LL. y HARTENBERGER, J. L. (1987): Gisements à vertébrés du paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie. *Paleontologia i evolució*, 21, pp. 117-131.
- ARENAS, C., PARDO, G., VILLENA, J. y PÉREZ, A. (1989): Facies lacustres carbonatadas de la Sierra de Alcubierre (Sector Central de la Cuenca del Ebro). *XII Congreso Español de Sedimentología, Bilbao, Comunicaciones*, pp. 71-74.
- 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.
- BENITO, G. (1987): Karstificación y colapsos kársticos en los yesos del sector central de la Depresión del Ebro (Aragón, España). *Cuaternario y Geomorfología*, 1, pp. 71-76.
- BENITO, G. y CASAS, A. (1987): Small-scale deformations in quaternary deposits in the northeastern Iberian Peninsula. *Géologie Méditerranéenne*, 14, pp. 233-243.
- BENITO, G. y GUTIÉRREZ, M. (1987): Karst in gypsum and its environmental impact on the middle Ebro Basin (Spain). En: B. F. Beck (editor), *Karst Hydrogeology. Engineering and Environmental Applications*, pp. 137-141.
- BENITO, G. (1989): *Geomorfología de la Cuenca Baja del río Gállego*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Zaragoza 764 p., (inédita).

- BOMER, B. (1957): Vallée du Gállego et de l'Ebre. *Livre-guide de l'excursion Pyrénées. V Congr. Int. INQUA*. Madrid, pp. 90-107.
- CLAVER, I., AGUILÓ, M., ARAMBURU, M. P., AYUSO, E., BLANCO, A., CALATAYUD, T., CEÑAL, M. A., CIFUENTES, P., ESCRIBANO, R., FRANCÉS, E., GLARIS, G., GONZÁLEZ, S., LACOMA, E., MUÑOZ, C., ORTEGA, C., OTEROS, J., RAMOS, A. y SAIZ DE OMEÑACA, M. G. (1984): Guías para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. Manuales CEOTMA. nº 3, MOPU, 572 pp.
- CASAS, A. M. (1988): El estado de esfuerzos durante el Terciario en la Depresión de Arnedo (La Rioja). *Acta Geol. Hisp.* 23 (3), pp. 223-231.
- 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., AZANDA, B., CANUDO, J. I. y FUERTES, V. (1989). Los micromamíferos del Mioceno inferior de Peñalba (Huesca). Implicaciones bioestratigráficas. *Geogaceta*, 6, pp. 75-77.
- CUENCA, G., CANUDO, J. I., LAPLANA, C. y ANDRÉS, J. A. (1992): Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geol. Hisp.*, v 27 (1-2), pp. 127-143.
- DANTIN, J. (1942): Distribución y extensión del endorreismo aragonés. *Est. Geogr.*, 3, pp. 505-595.
- ENADIMSA (1984): Investigación de lignitos en el área de Mequinenza (Zaragoza, Huesca, Lérida) (inédito).
- ENRESA (1989): Estudio de las formaciones favorables de la región del Ebro y Pirineo alóctono (E.R.A.) (inédito).
- FERRER, J. (1971): El Paleoceno y el Eoceno del borde Sur-oriental de la Depresión del Ebro (Cataluña). *Mem. Suiss. Paleont.*, V. 90, 70 p.
- GONZÁLEZ, J. y ARRESE, F. (1977): Las terrazas del río Gállego en su curso inferior y medio. Aspectos morfológicos y sedimentológicos. *Rev. Acad. Ciencias de Zaragoza*, 32 (1-2), pp. 109-123.
- GRACIA, J., GUTIÉRREZ ELORZA, M. y SANCHO MARCÉN, C. (1985): Las etapas terminales del Neógeno-Cuaternario de la Depresión del Ebro en la Plana Negra (provs. de Zaragoza y Navarra). Consideraciones morfogenéticas. *Actas de la I Reuniao do Quaternario Iberico*. Lisboa pp. 367-379.

- GRACIA, J. F. y SIMÓN, J. L. (1986): El campo de fallas miocenas de la Bárdena Negra (provs. de Navarra y Zaragoza). *Boletín Geológico y Minero*, T. XCVII-VI, pp. 693-703.
- GUTIÉRREZ M., RODRIGUEZ, J. y BENITO, G. (1988): Piping in badlands areas of the middle Ebro Basin. *Catena Supplement*, 13, pp. 49-60.
- HERNÁNDEZ, A., COSTA, J. M., SOLÀ, 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). *I Congreso del grupo Español del Terciario*. Vic, pp. 162-165.
- HIRST, J. P. P. (1983): *Oligo-Miocene Alluvial Systems in the Northern Ebro Basin, Huesca Province, Spain*. Tesis Doctoral. Univ. Cambridge. 247 pp. Inédita).
- HIRST, J. P. P. y NICHOLS, G. J. (1986): Thrust tectonic controls on Miocene alluvial distribution patterns, southern Pyrenees. En: P.H. Allen y P. Homewood (eds.), *Foreland basins. Spec. Pub., Int. Ass. Sedim.* 8, pp. 247-258.
- IBAÑEZ, M. J. (1975): El endorreísmo del sector central de la Depresión del Ebro. *Cuad. Inv. Geogr.*, T. I, pp. 35-48.
- IGME (1975): Estudio geológico y minero del área lignitífera de Calaf (inédito).
- IGME (1975): Proyecto de investigación de radioactivos del área lignitífera y uranínifera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1976): Área lignitífera y uranínifera de Mequinenza (Lérida-Tarragona, Huesca y Zaragoza) (inédito).
- IGME (1981): Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario de Pamplona-Zaragoza (inédito).
- IGME (1981): Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario del sector de Benabarre-Igualada (inédito).
- IGME (1985): Prospección previa de lignitos en el área de Pinós-Molsosa (Lérida-Barcelona) (inédito).
- IGME (1986): Prospección previa de lignitos en el área de Bages-Moianes (Barcelona) (inédito).
- IGME (1987): Síntesis Geológico-Minera de los carbones del noreste peninsular (inédito).
- J.E.N. (1977): Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníniferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- J.E.N. (1977): Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníniferas de la zona de Solsona-Olot (inédito).

- J.E.N. (1979-81): Estudio estratigráfico y sedimentológico del borde meridional de la Depresión del Ebro entre Alcañiz y Borges Blanques (Provincias de Teruel, Zaragoza, Lérida y Tarragona) (inédito).
- LLAMAS, R. (1962): Estudio geológico-geotécnico de los terrenos yesíferos de la cuenca del Ebro y los problemas que plantean en los canales. *Bol. Serv. Geol. Obras Públicas*, 12, 192 p.
- MANDADO, J. (1987): *Litofacies yesíferas del Sector Aragonés de la Cuenca Terciaria del Ebro. Petrogénesis y Geoquímica*. Tesis Doctoral. Univ. de Zaragoza. 442 p.
- MEIN, P. (1975): Report on Activity. *RCMNS Working groups*. Bratislava, pp. 78-81.
- MENSUA, S. e IBÁÑEZ, M. J. (1977): Terrazas y Glacis del Centro de la Depresión del Ebro. *III Reunión Nacional del Grupo Trabajo del Cuaternario, Zaragoza*, pp. 3-18, 5 mapas.
- NICHOLS, G. J. (1984): *Thrust tectonics and alluvial sedimentation, Aragon, Spain*. Tesis Doctoral, Univ. Cambridge, 243 p. (Inédita).
- PEÑA, J. L. y SANCHO, C. (1988): Correlación y evolución cuaternaria del sistema fluvial Segre-Cinca en su curso bajo (provs. de Lérida y Huesca). *Cuaternario y Geomorfología*, Vol. 2 (1-4), pp. 77-83.
- PÉREZ, A., MUÑOZ, A., PARDO, G., VILLENA, J. y ARENAS, C. (1988): Las unidades tectosedimentarias del Neógeno del borde ibérico de la Depresión del Ebro (sector central). En: A. Pérez, A. Muñoz y J.A. Sanchez (eds.), *Sistemas lacustres neógenos del margen ibérico de la Cuenca del Ebro, Guía de Campo. III Reunión Grupo Especial de Trabajo, PICG 219*, pp. 7-20.
- PÉREZ, A., MUÑOZ, A., PARDO, G. y VILLENA, J. (1989): Evolución de los sistemas lacustres del margen ibérico de la Depresión del Ebro (sectores central y occidental) durante el Mioceno. *Acta Geológica Hispánica*, v. 24 nº 3-4, pp. 243-257
- 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. En: P.H. Allen y P. Homewood (eds.), *Foreland basins. Spec. Pub., Int. Ass. Sedim.* 8, pp. 319-336.
- QUIRANTES, J. (1969): Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros. Tesis Doctoral. Univ. de Granada. Publicada en 1978 por: *Institución "Fernando El Católico" (CSIC). Diputación Provincial de Zaragoza*, 200 p.
- RIBA, O. (1955): El Terciario continental de la Rioja alta y de la Bureba. Informe nº 97, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1961): Geological Report on the Continental Tertiary of the Western Ebro Basin and Neighbouring Basins. Report CV-131, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1967): Resultado de un estudio sobre el Terciario continental de la parte este de la depresión central catalana. *Acta Geológica Hispánica*, 1 pp. 1-6.

- RIBA, O. (1976): Tectogenèse et sédimentation: deux modèles de discordances syntectoniques pyrénéennes. *Bulletin du B.R.G.M.* (2^a Serie). Section 1, n° 4. pp. 383-401.
- 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*, IGME, T. 2, pp. 131-159.
- RODRIGUEZ, J. (1986): Deformaciones recientes en los depósitos cuaternarios de la Puebla de Alfandén (Zaragoza). *Boletín Geológico y Minero*, T. XCVII-I, pp 3-8.
- SANCHO, C., GUTIÉRREZ, M., PEÑA, J. L. y BURILLO, F. (1988): A quantitative approach to scarp retreat starting from triangular slope facets, central Ebro Basin, Spain. *Catena Supplement*, 13, pp. 139-146.
- SIMÓN, J. L. y PARICIO, J. (1988): Sobre la compresión neógena en la Cordillera Ibérica. *Estudios Geológicos*, 44, pp. 271-283.
- SIMÓN, J. L. (1989): Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin (Spain). *Journal of Structural Geology*, vol. 11., n° 3, pp. 285-294.
- SOLER, M. y PUIGDEFABREGAS, C. (1970): Líneas generales de la geología del Alto Aragón Occidental. *Pirineos*, 96, pp. 5-20.
- SORIANO, A. y GUTIÉRREZ, M. (1983): Notas geomorfológicas de la región Muel-Fuendetodos (prov. Zaragoza). *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)*, 81, (1-2), pp. 99-110.
- TORRAS, A. y RIBA, O. (1968): Contribución al estudio de los limos yesíferos del centro de la Depresión del Ebro. *Brev. Geol. Astúrica*, 11, pp. 125-137.
- ZUIDAM, R. A. VAN (1976): Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain. *Int. Inst. of Aerial Survey and Earth Sc. (ITC)*, Enschede, 211 p.
- ZUIDAM, R. A. VAN, ZUIDAM-CANCELADO, F. I. VAN y DONKER, N. M. W. (1975): Geomorfología de la gravera Zamoray (Garrafinillos-Zaragoza). *Acta Geológica Hispánica*.



SECRETARÍA GENERAL DE LA ENERGÍA Y RECURSOS MINERALES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA