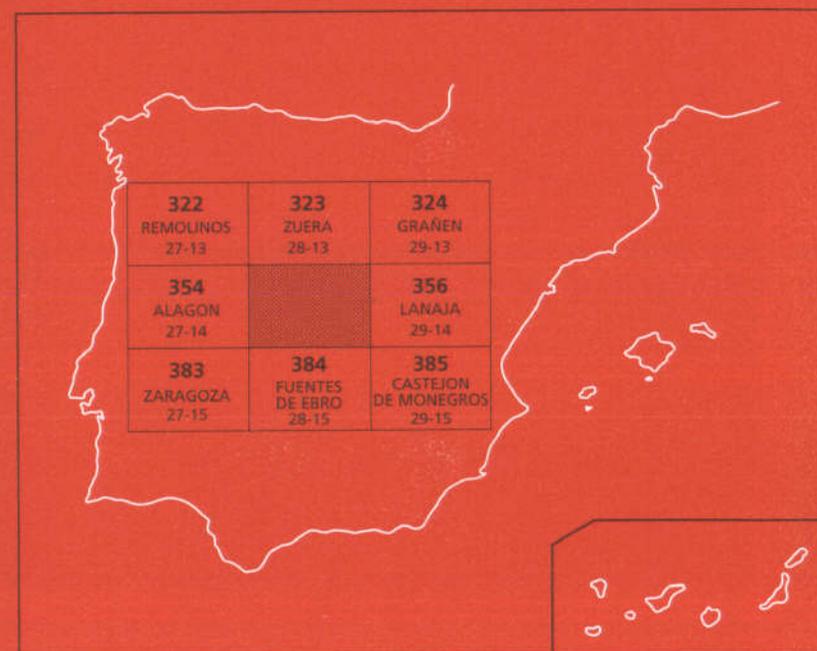




MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie - Primera edición



LECIÑENA



MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA

LECIÑENA

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Leciñena (355) han sido realizados, durante 1990 y 1991 por la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

Mapa Geológico: J. M. Esnaola y C. Gil (ENADIMSA)

Mapa Geomorfológico: J. M. Esnaola y C. Gil (ENADIMSA)

Memoria*:

Estratigrafía: C. Gil, J. M. Esnaola y A. Lendinez (ENADIMSA)

Geomorfología: C. Gil y J. M. Esnaola (ENADIMSA)

Tectónica y Neotectónica: C. Gil y L.A. Marqués (ENADIMSA)

Han colaborado en aspectos parciales:

Sedimentología: L. F. Granados (ENADIMSA)

Micropaleontología: L. F. Granados (ENADIMSA)

Dirección del Estudio: A. Barnolas y A. Robador (ITGE)

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

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

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

© INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M. 2.121 - 1998

ISBN: 84-7840-314-0

NIPO: 241-96-007-6

Fotocomposición: Diseño Gráfico AM 2000, S. L.

Impresión: Master's Gráfico, S. A.

	<u>Páginas</u>
1.2.2. Holoceno	21
1.2.2.1. Limos yesíferos, arcillas y cantos. Fondo de valle plano (25). Holoceno	21
1.2.2.2. Limos, cantos y arcillas. Derrames (26). Holoceno.....	21
1.2.2.3. Arcillas y limos. Areas endorreicas (27). Holoceno	21
1.2.2.4. Gravas poligénicas, limos y arenas. Terraza (28). Holoceno....	21
1.2.2.5. Cantos, arenas y limos. Conos de deyección (29). Holoceno .	21
1.2.2.6. Limos, arcillas y cantos. Coluvial (30). Holoceno	22
1.2.2.7. Arenas, gravas y limos. Aluvial actual (31). Holoceno	22
1.2.2.8. Limos, arcillas y gravas. Glacis subactual (32). Holoceno.....	22
2. TECTONICA.....	22
2.1. Marco tectónico regional	22
2.2. Descripción de la estructura	23
2.3. Evolución tectónica.....	24
2.4. Neotectónica.....	24
3. GEOMORFOLOGIA.....	25
3.1. Descripción fisiográfica.....	25
3.2. Análisis geomorfológico	25
3.2.1. Estudio morfoestructural.....	25
3.2.1.1. Enmarque dentro de los grandes conjuntos regionales.....	25
3.2.1.2. Unidades morfoestructurales.....	25
3.2.2. Estudio del modelado	27
3.2.2.1. Modelado fluvial.....	27
3.2.2.2. Formas poligénicas.....	28
3.2.2.3. Formas kársticas.....	28
3.2.2.4. Laderas	28
3.2.2.5. Formas antrópicas.....	29
3.3. Formaciones superficiales.....	29
3.3.1. Terrazas.....	29
3.3.2. Glacis.....	29
3.3.3. Valles de fondo plano	30
3.3.4. Depósitos kársticos.....	30
3.4. Evolución dinámica	31
3.5. Procesos actuales-subactuales y tendencias futuras	31
4. HISTORIA GEOLOGICA.....	32
5. GEOLOGIA ECONOMICA	34
5.1. Recursos minerales.....	34
5.2. Hidrogeología	34
5.2.1. Climatología.....	34
5.2.2. Hidrología.....	36

	<i>Páginas</i>
5.2.3. Características hidrogeológicas.....	36
5.2.3.1. Acuíferos aluviales y terrazas.....	36
5.2.3.2. Otros posibles acuíferos	37
5.3. Características geotécnicas generales	37
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.) ..	42
7. BIBLIOGRAFIA	44

0. INTRODUCCION

La Hoja de Leciñena se sitúa en el centro de la Cuenca del Ebro, entre los paralelos 41°50'04"N y 41°40'04"N y los meridianos 0°51'10"W y 0°31'10"W respecto al meridiano de Greenwich, dentro de la provincia de Zaragoza, abarcando parte del término municipal de la ciudad de Zaragoza.

Topográficamente pueden diferenciarse tres zonas de oeste a este. La primera corresponde al área deprimida del valle del río Gállego. La segunda es un sector de colinas poco prominentes que enlazan con la tercera zona, el margen suroccidental de la Sierra de Alcubierre, más elevado y abrupto, con una cota máxima de 812 m (Monte Oscuro).

La red hidrográfica queda definida por la presencia del río Gállego, ya prácticamente en su confluencia con el río Ebro, que corta la hoja de norte a sur por su parte más occidental.

El clima es semiárido, con medias anuales de temperatura y precipitación de 14°C y 400 mm respectivamente, y una fuerte oscilación térmica anual (20°C). Frecuentes nieblas en invierno, una elevada insolación y la presencia del "cierzo", viento noroeste de acusada acción desecante, completan el cuadro climatológico.

Este sector basa su economía en el cultivo de regadío en el ámbito del río Gállego (hortalizas, maíz, forraje) y cereal (cebada y trigo) en la mayor parte de la hoja. La ganadería es eminentemente ovina extensiva y porcina. Debe señalarse la existencia de una industria importante en torno a la ciudad de Zaragoza.

La densidad de población es moderada en el corredor del río Gállego, a alta en las proximidades de la ciudad. En el resto de la hoja es baja. Los principales núcleos de población son Leciñena, Villanueva y San Mateo de Gállego y Villamayor.

Geológicamente se sitúa en la región central de la cuenca terciaria del Ebro y los materiales aflorantes son exclusivamente terciarios y cuaternarios. Su disposición estructural es subhorizontal.

Esta zona padece una fuerte erosión y su morfología externa está dominada por procesos erosivos. Aparecen terrazas y glacis extensos, también valles de fondo plano (*vaies*).

Entre los trabajos previos relativos a la cartografía geológica de la Cuenca endorreica del Ebro cabe citar a los de RIBA (1955 y 1961) para el sector occidental de la Cuenca (Corredor de la Bureba y subcuencas de Miranda y de Treviño), el de QUIRANTES (1969, publicado en 1978) para el sector central de la Cuenca, los de la J.E.N. (1977) para la mitad septentrional de los sectores central y oriental de la Cuenca, los del IGME (1975, 1985) en las cuencas lignitíferas de Calaf y Mequinenza, el de la J.E.N. (1979-81) para el sector sur-oriental 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: ANADON *et al.* (1987), AZANZA *et al.* (1988), AGUSTÍ *et al.* (1988), ALVAREZ-SIERRA *et al.* (1990), CUENCA *et al.* (1989) y CUENCA (1991 a y b).

Para la realización de la hoja de Leciñena además de las técnicas habituales en estudios estratigráficos, sedimentológicos, tectónicos y geomorfológicos, se ha hecho un muestreo para análisis petrológicos y micropaleontológicos (carofitas) y, en las facies más favorables, para micromamíferos, con el fin de datar las unidades cartografiadas.

1. ESTRATIGRAFIA

1.1. TERCIARIO

En la presente hoja afloran fundamentalmente materiales de edad miocena que constituyen el área central de la Depresión del Ebro. QUIRANTES (1969) dividió estos depósitos en tres unidades litoestratigráficas: Fm. Sariñena, Fm. Zaragoza y Fm. Alcubierre. La formación Sariñena comprende todos los materiales predominantemente detríticos (areniscas y arcillas), que afloran en el sector septentrional de la Cuenca del Ebro. Bajo la denominación de formación Zaragoza, se engloban todos los depósitos evaporíticos que afloran en las áreas de Bujaraloz, Zaragoza y Almudévar. En la formación Alcubierre se incluyen los materiales fundamentalmente carbonatados que forman las elevaciones de la sierra del mismo nombre y que a su vez representan la culminación estratigráfica del conjunto de estos depósitos. En la hoja de Leciñena afloran los Yesos de Retuerta y los de Alfocea (que en realidad son la misma unidad, separada por el cauce del río Gállego, como ya indica QUIRANTES *op. cit.*), correspondientes a la Fm. Zaragoza y los niveles de calizas correspondientes a los Miembros Castellar y Castejón de la Fm. Alcubierre.

Con posterioridad ARENAS *et al.* (1989) aplican el análisis tectosedimentario en el Mioceno de la Cuenca. De esta forma sitúan una ruptura sedimentaria en el techo de la Fm. Zaragoza y otra en la parte superior de la Fm. Alcubierre, estableciendo así tres unidades tectosedimentarias dentro de los materiales superiores que forman el relleno de esta cuenca.

La sucesión estratigráfica vertical de los sedimentos miocenos muestra una recurrencia vertical rítmica de las asociaciones de facies. Esta ritmicidad ha permitido la individualización de cuatro unidades, denominadas como unidades genético-sedimentarias. Cada una de estas unidades, presenta en su parte basal un dominio de materiales siliciclásticos, correspondientes a depósitos distales de medios deposicionales de abanico aluvial, mientras que en su parte superior en las áreas más proximales (septentrionales), presentan un predominio de materiales margocarbonatados, de origen lacustre-palustre y, en las áreas más distales, un predominio de facies yesíferas, de margen de lago salino y de lago salino.

Los materiales que afloran en la hoja corresponden a las unidades genético-sedimentarias de Remolinos-Lanaja, Pallaruelo-Monte de la Sora, Montes de Castejón y San Caprasio.

En la figura 1 se representa la evolución espacial y temporal de estas unidades genético-sedimentarias en el sector nor-occidental de la parte aragonesa de la Cuenca del Ebro.

1.1.1. **Unidad Remolinos-Lanaja**

Esta unidad se ha caracterizado en las hojas de Almodévar y Zuera en donde pueden reconocerse sus límites. En esta hoja únicamente aflora su parte superior en el sector septentrional.

A grandes rasgos, en la parte oriental del sector central de la Cuenca del Ebro, la base de la Unidad Remolinos-Lanaja, está constituida por facies aluviales distales y por facies de orla de abanico, mientras que su parte superior, está constituida por facies margo-carbonatadas de origen lacustre-palustre que pasan gradualmente a depósitos de margen de lago salino y lago salino.

En los materiales que forman esta unidad genético-sedimentaria, no se han encontrado yacimientos de microvertebrados que hayan permitido datarla. Sin embargo, en la vecina hoja de Lanaja (356) se ha podido datar como Aragoniense medio-superior la Unidad Montes de Castejón-Sierra de Lanaja. Teniendo en cuenta que esta última unidad, presenta una posición estratigráfica bastante más alta que la de la Unidad Remolinos-Lanaja y que la parte media de la infrayacente Unidad Bujaraloz-Sariñena, datada en la hoja de Peñalba (386), corresponde a la parte inferior del Aragoniense, se puede atribuir una edad correspondiente al Aragoniense medio, a la unidad en cuestión.

1.1.1.1. *Arcillas, margas y tablas de caliza (1). Aragoniense*

Esta asociación de facies aflora únicamente en una pequeña área en el margen centro-septentrional de la hoja. Los afloramientos, que incluyen únicamente el techo de la unidad, per-

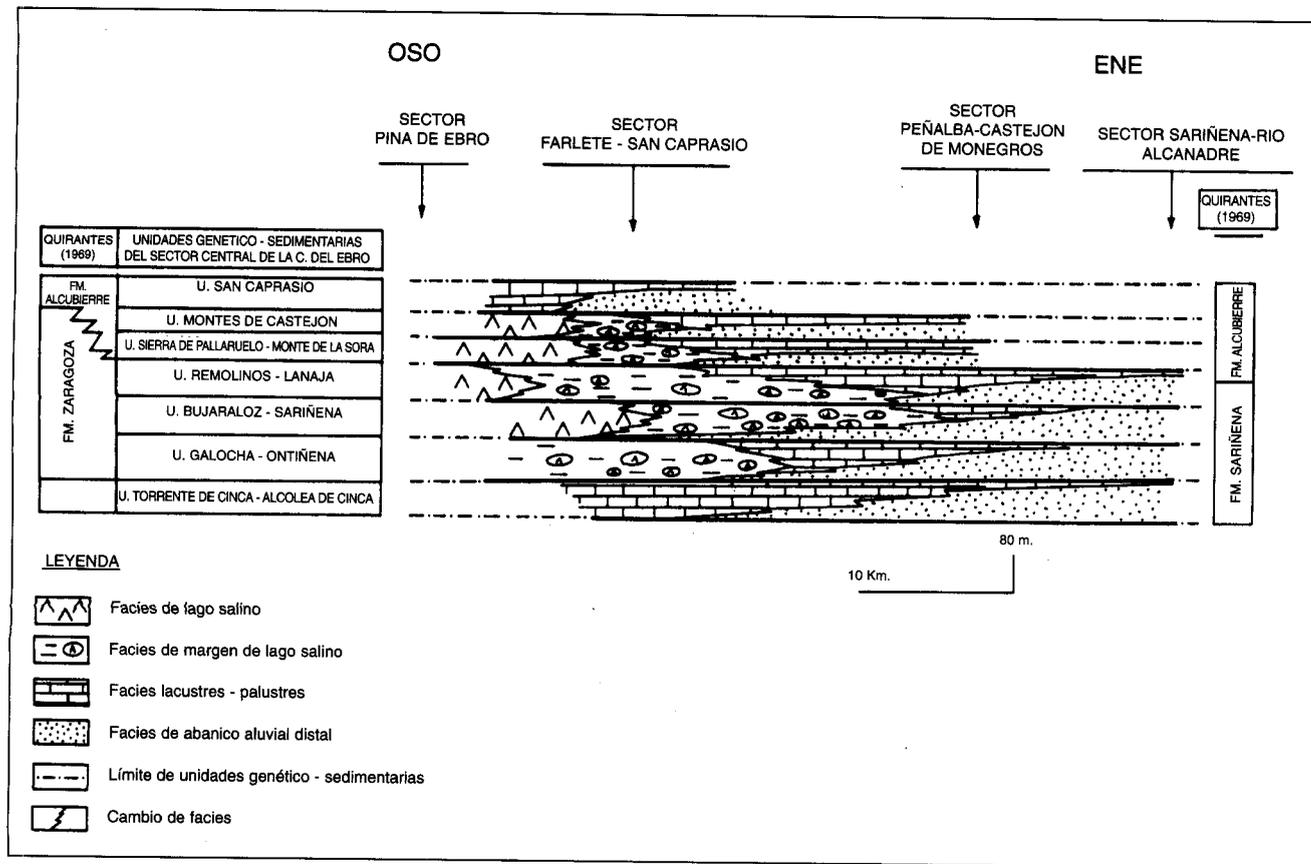


Fig. 1. Modelo secuencial de las unidades genético-sedimentarias del sector de Los Monegros

miten reconocer una alternancia de arcillas rosadas y margas grises que intercalan niveles de calizas oscuras tabulares. Eventualmente pueden presentarse delgados niveles de arenisca y, a techo de las margas, nódulos de yeso.

El contenido fosilífero está constituido principalmente por restos de caráceas y ostrácodos, y su ambiente deposicional se considera como lacustre-palustre en paso a facies de lago salino.

Por criterios estratigráficos regionales se le atribuye una edad Aragoniense.

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

Se trata de la unidad que aflora más ampliamente en la hoja, aunque por situarse en las cotas relativamente más bajas se halla recubierta por depósitos cuaternarios de terrazas y glaciés que impiden una completa observación.

La distribución regional de las facies que constituyen esta unidad puede observarse en la figura 2. En las áreas marginales la unidad está compuesta en su base por sedimentos pelíticos de origen aluvial distal entre los que se intercalan algunos niveles de arenisca y de caliza, mientras que la parte superior presenta una serie predominantemente margo-carbonatada de origen lacustre-palustre. En conjunto todos estos materiales evolucionan hacia la zona central a sedimentos evaporíticos, que son los que constituyen la casi totalidad de la unidad dentro de la hoja.

Su potencia total es difícil de evaluar debido a las dificultades de exposición, aunque se estima que pudiera estar comprendida entre los 100 y 150 m, con máximos hacia el sector meridional de la hoja.

Cartográficamente se han diferenciado tres asociaciones de facies, una litofacies eminentemente yesífera que ocupa la mayor parte de la hoja, que cambia lateralmente en el sector nor-oriental a las otras dos: una caracterizada por la presencia de bancos de areniscas y otra fundamentalmente compuesta por margocalizas.

Al igual que para la Unidad Remolinos-Lanaja, se puede considerar una edad incluida dentro del Aragoniense medio para esta unidad, ya que queda comprendida entre la suprayacente Unidad de Sierra de Lanaja-Montes de Castejón, datada como Aragoniense medio-superior en la vecina hoja de Lanaja y la infrayacente Unidad Bujaraloz-Sariñena, datada en la hoja de Peñalba como Aragoniense inferior.

1.1.2.1. *Yesos masivos, acintados y nodulares y limos (2). Aragoniense*

Esta asociación de facies aflora en la mitad occidental de la hoja. Se trata de una sucesión de niveles de yeso en proporciones generalmente superiores al 60% con limos y términos margosos asociados. El yeso suele ser de color blanco a gris alabastrino y de textura nodular formando estructuras en turrón de hasta 1,5 m de potencia. Lateralmente pasa a yeso

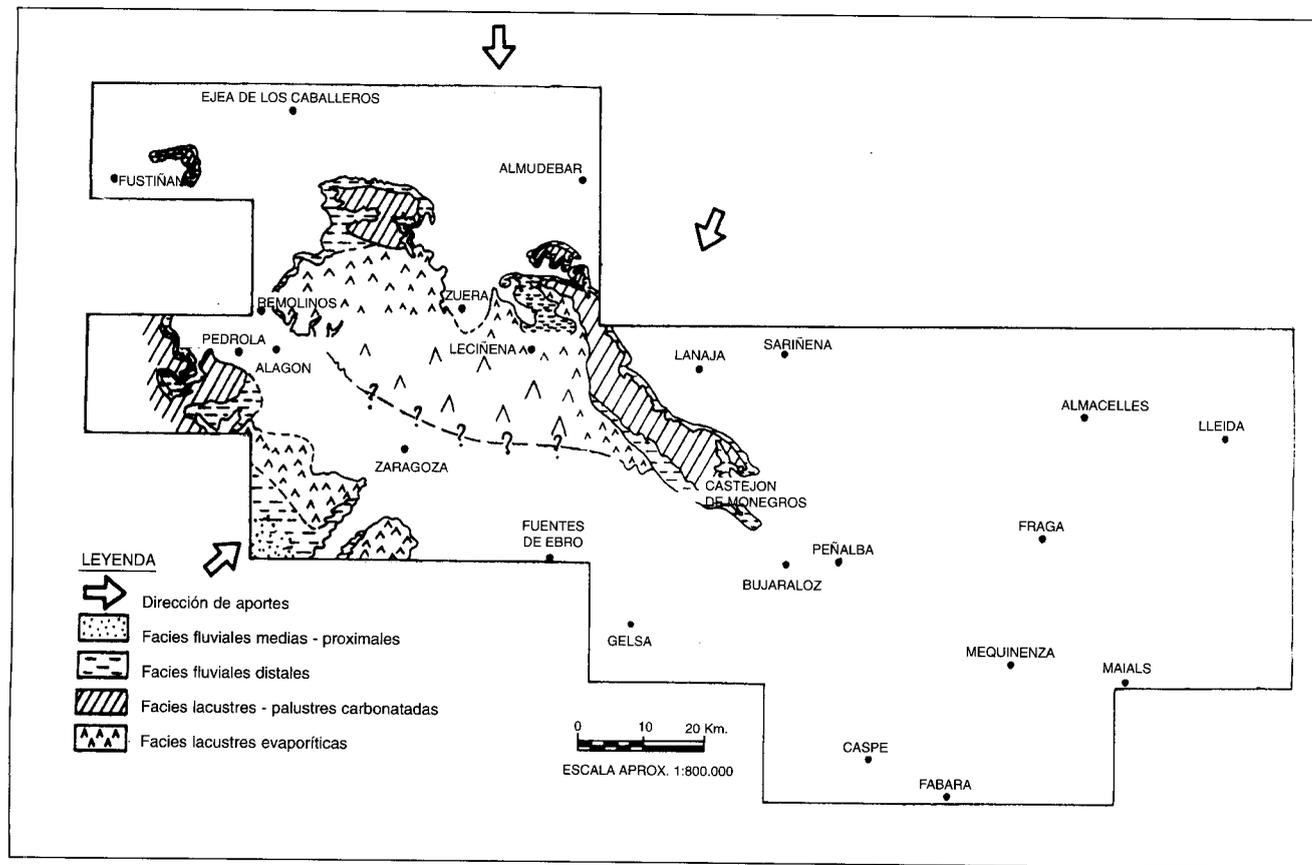


Fig. 2. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora

alabastrino acintado y capas enterolíticas, apareciendo hasta nódulos aislados en algunas ocasiones. Intercala niveles de limos, carbonatos y margas grises y ocre, distorsionados por la plasticidad de las evaporitas.

Los carbonatos que aparecen intercalados en estas facies están generalmente dolomitizados.

El ambiente de depósito de estas facies corresponde, probablemente, a áreas centrales de lago salino, en el que tiene lugar la precipitación directa de las sales. Lateralmente y hacia el borde del lago, disminuye la proporción de evaporitas, apareciendo nódulos y facies terrígenas de grano fino.

Por criterios estratigráficos regionales se le atribuye una edad Aragoniense.

1.1.2.2. *Margas, arcillas, yesos nodulares y areniscas (3). Aragoniense*

Estas facies afloran en el sector nor-oriental de la hoja en paso lateral con el tramo descrito en el epígrafe anterior. Consisten fundamentalmente en margas de colores gris, ocre y marrón con niveles de margocalizas, yesos nodulares y acintados alabastrinos blancos hacia el sur y oeste; los términos calcáreos y los niveles de areniscas (paleocanales) se intercalan de forma creciente a lo largo del pie de la Sierra de Alcubierre en el ángulo nororiental. Las margocalizas suelen encontrarse bioturbadas por raíces. Las areniscas pueden presentarse en láminas o en canales, a veces contienen abundante yeso detrítico, y son comúnmente de colores verdosos y gris oscuro.

Las areniscas son fundamentalmente litarenitas calcáreas feldespáticas, y los términos carbonatados, micritas y biomicritas arcillosas que con frecuencia contienen carofitas, ostrácos y materia orgánica. Se han podido determinar las carofitas: *Chara notata* y *Chara* sp. 7 y su edad probable es Aragoniense medio.

Las características sedimentológicas de estos materiales sugieren que se depositaron en condiciones alternantes palustres, margen de lago carbonatado y fluviales de carácter distal.

1.1.2.3. *Yesos nodulares y margas (4). Aragoniense*

Este tramo está constituido por niveles de yeso nodular y nódulos de yeso aislados alternantes con margas grises, a veces rosadas.

Los yesos tienen textura alabastrina y estructuras aturronada o enterolítica, presentándose en bancos que pueden sobrepasar el metro de potencia.

Hacia el techo de los depósitos margosos se intercalan niveles de centi- a decimétricos de calizas con bioturbación y restos de fauna.

Las características sedimentológicas de estos materiales permiten interpretarlos como depósitos de ambientes de margen de lago salino a palustre carbonatado.

1.1.3. Unidad Montes de Castejón

Esta unidad aflora en el sector centro-oriental de la hoja en el ámbito de la Sierra de Alcubierre donde se ha definido. Su potencia oscila entre 150 y 170 m.

El contacto con la unidad inferior consiste en la mayor parte de la hoja en un cambio rápido de facies entre los depósitos eminentemente yesíferos de la Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora, a muro, y las facies carbonatadas características de esta unidad.

Por lo que se refiere a la posición cronoestratigráfica de esta unidad, el estudio paleontológico del yacimiento de micromamíferos de Puigladrón, junto con el del yacimiento del Barranco de San Benito, ambos situados en la parte media-superior de la unidad, en la vecina hoja de Lanaja, han permitido acotar su edad entre el Aragoniense medio y el superior (AZANZA, com. pers.).

Se han distinguido ocho asociaciones de facies en esta unidad, que se describen a continuación.

1.1.3.1. *Margas, calizas margosas y limos (5). Aragoniense*

Esta asociación de facies constituye el muro de la unidad en los sectores central y meridional de la hoja. Está compuesta por margas y margocalizas grises y ocreas en niveles de 15 a 40 cm y calizas margosas y limosas de colores más claros. Los nódulos de yeso son casi inexistentes. Las capas calcáreas tienen bastante continuidad, la estratificación es paralela y regular. La laminación en el seno de las capas es mayoritariamente paralela, aunque es común encontrar también laminación cruzada. Aparecen intercalados niveles micríticos arcillosos y dolomicritas con cuarzo.

Su potencia total en esta zona no se ha podido determinar con precisión debido al recubrimiento por los glaciares cuaternarios.

El ambiente deposicional de este conjunto de materiales corresponde a lacustre-palustre carbonatado amplio.

En las cercanías de Leciñena este tramo está constituido por limos ocreos con intercalaciones de bancos de margocalizas de color gris, comúnmente bioturbados, y pasadas de arenisca de escaso espesor. A techo se encuentra un estrato de calizas margosas, de color blanco a gris, tableadas y bioturbadas de 1 m de potencia. Al sur estas facies evolucionan lateralmente a limos carbonatados ocreos y margas verdes y grises masivas con estromatolitos confinados en los limos inferiores y un nivel de nódulos de yeso, blancos, con una característica pátina ferruginosa ocre-rojiza a techo.

Petrográficamente las areniscas pueden clasificarse como litarenitas feldespáticas con cemento de yeso mientras que las calizas corresponden a micritas con yeso y micritas arenosas.

De acuerdo con sus características sedimentológicas estos materiales pueden interpretarse como depósitos de un ambiente marginal palustre-lacustre.

Esta unidad cartográfica también se presenta en facies más carbonatadas en la esquina nororiental de la hoja, evolucionando vertical y lateralmente hacia el sur a yesos nodulares y masivos del tramo cartográfico 7.

En la carretera de Leciñena a Alcubierre está compuesta por un conjunto de unos 30 a 40 m de margas grises con calizas margosas y areniscas. Estas litologías se presentan de forma cíclica, dando secuencias elementales similares a las descritas por ARENAS *et al.* (1989). Cada secuencia oscila en espesor entre 1 y 10 m. De base a techo suele constar de los siguientes términos:

- a) Tramo margoso-limoso con intercalaciones de arenisca gris de grano fino en láminas con laminación cruzada (*ripples* de corriente y oscilación) y areniscas de grano medio en paleo-ocanales de acreción lateral. Eventualmente aparecen niveles de yeso nodular.
- b) Limos carbonatados con estratificación cruzada tipo *hummocky*.
- c) Limos carbonatados con algunas pasadas de arenisca de grano fino con estratificación de tipo *wavy*.
- d) Limos carbonatados con laminaciones algales estromatolíticas.
- e) Calizas margosas con restos de caráceas y gasterópodos.

Los carbonatos suelen ser micritas y biomicritas limosas y arcillosas, a veces algo ferruginizadas.

Las facies de estos depósitos cíclicos denotan un ambiente fluvial distal en paso a palustre carbonatado.

1.1.3.2. *Margas y yesos nodulares (6). Aragoniense*

Este tramo representa la base de la Unidad Montes de Castejón en el sector suroriental de la Sierra de Alcubierre, en paso lateral a las facies evaporíticas del tramo 7 situadas más al oeste. Su potencia, que aumenta hacia el este, está próxima a los 30 m.

Esta unidad está constituida por margas grises que contienen nódulos de yeso en las que se intercalan algunos niveles de calizas algo limosas con estructuras tipo *hummocky*. Hay presencia de sílex, tanto asociado a los yesos incluidos en las margas como en nódulos dentro de los bancos de caliza.

Las facies de depósito son propias de margen de lago salino y su edad atribuida por criterios estratigráficos regionales, es Aragoniense.

1.1.3.3. *Yesos masivos y nodulares con margas (7). Aragoniense*

Se trata de un tramo de unos 30-40 m de potencia, representado por yesos acintados alabastrinos en niveles que no superan normalmente el metro de espesor y a veces dan al conjunto un aspecto masivo.

Hacia el sur, en los niveles más bajos, se intercalan calizas limosas estromatolíticas cuyo desarrollo lateral y vertical constituye el tramo cartográfico 6 anteriormente descrito, mientras que hacia el techo intercala niveles cada vez más importantes de margas con nódulos de yeso y sílex marrón oscuro y ocre.

Los escasos niveles arenosos tienen cemento yesífero y los carbonatos normalmente están dolomitizados.

Al noroeste, en el límite con las hojas adyacentes la asociación de facies, en conjunto, se hace más carbonatada mostrando un aumento de los niveles margosos y bancos de calizas, en detrimento de los yesos, generalmente nodulares, que pierden importancia.

Los estratos de calizas de los niveles detrítico-carbonatados corresponden a micritas, biomicritas y dolomicritas con algo de limo y en ocasiones con óxidos de hierro. Los niveles estromatolíticos suelen encontrarse dolomitizados.

De acuerdo con sus características sedimentológicas se interpretan estos materiales como depósitos de margen de lago salino. Su edad, atribuida por criterios de correlación regional es Aragoniense medio.

1.1.3.4. *Margas y yesos nodulares (8). Aragoniense*

Se trata de un tramo eminentemente margoso en paso lateral a las evaporitas de techo del tramo 7. Por sus características tiene una gran semejanza con el tramo 6 anteriormente descrito.

Su potencia aumenta hacia el este, donde puede superar los 20 m y está constituido por margas grises con abundante contenido en nódulos de yeso entre las que se intercalan niveles de calizas micriticas y areniscas con estratificación plano-paralela.

Las calizas pueden clasificarse como biomicritas con fragmentos de ostrácodos, carofitas y restos de algas, mientras que las areniscas son calcilitas con grano de cuarzo y cemento carbonatado.

La facies de depósito corresponde a margen de lago salino y por criterios cartográficos regionales se le atribuye una edad Aragoniense medio.

1.1.3.5. *Margas y calizas (9). Aragoniense*

Esta asociación de facies está compuesta predominantemente por margas y tiene una potencia media de unos 20 m. Consta de margas grises, verdes y limos carbonatados. Intercalan niveles de calizas margosas bioturbadas sobre todo a techo del tramo. Es común encontrar

un nivel de yesos nodulares con una pátina ferruginosa de color ocre rojizo bajo los últimos niveles calcáreos y eventualmente se presentan finos niveles arenosos.

Los niveles carbonatados son fundamentalmente micritas y biomicritas limosas y arenosas con materia orgánica, a veces dolomitizadas. Entre los fósiles identificados en esta unidad pueden citarse *Chara notata*, *Rhabdochara* sp. y *Planorbis* sp.

En el sector meridional de la Sierra de Alcubierre este tramo está constituido por margas y limos con nódulos de yeso coronados por unos 2 m de calizas margosas de color gris con intercalaciones margosas de colores grises y verdes que se acuñan con rapidez hacia el oeste. Petrográficamente son micritas y biomicritas frecuentemente algo arcillosas y limosas, ligeramente ferruginosas y a veces dolomitizadas. Contienen restos de carofitas y ostrácodos.

El ambiente de depósito es el de llanura palustre-lacustre y la edad atribuida por criterios estratigráficos Aragoniense medio.

1.1.3.6. Yesos, limos y calizas (10). Aragoniense

Esta asociación de facies constituye un tramo de 35 a 40 m de potencia de yesos blancos alabastrinos con estructura nodular, que coalescen formando niveles irregulares que no sobrepasan los 60 cm de potencia. Se intercalan con limos ocre y niveles calcáreos estromatolíticos. Es abundante la presencia de nódulos de sílex blanco, formando esférulos en el seno de los yesos. La proporción de las evaporitas no rebasa el 50% respecto a los limos.

Hacia el NE estas facies pasan lateral y verticalmente a las facies más carbonatadas del tramo 11.

En los niveles detrítico-carbonatados se reconocen micritas, biomicritas y dolomicritas con algo de limo, en ocasiones con óxidos de hierro. Los niveles estromatolíticos suelen encontrarse dolomitizados.

El ambiente sedimentario corresponde con la orla de un lago salino (*playa-lake*) y la edad atribuida, por criterios de correlación regional es Aragoniense medio.

1.1.3.7. Margas, margocalizas y yesos nodulares (11). Aragoniense

Esta unidad consiste en un tramo con una mayor proporción de carbonatos que pasa lateralmente con rapidez hacia el suroeste a las facies más yesíferas de las unidades 10 y 12. Está compuesto por margas grises y ocre con nódulos de yeso alabastrino blanco y niveles de margocalizas gris bioturbadas.

Tiene una potencia muy variable pudiendo llegar a alcanzar casi los 80 m en el borde oriental de la hoja.

1.1.3.8. Yesos masivos y limos (12). Aragoniense

Esta asociación de facies forma un nivel de 30 a 40 m de potencia constituido por una alternancia monótona de yesos alabastrinos acintados con estructura nodular de color blanco y aspecto masivo y limos ocres. Los niveles yesíferos no sobrepasan los 50 cm de espesor por lo general. Aparecen esporádicamente capas centimétricas de arenas yesíferas marrones de color gris en superficie fresca. En la base del tramo pueden aparecer nódulos de sílex. Lateralmente hacia el este pasan lateralmente al tramo 11, incorporando niveles estromatolíticos y perdiendo parte del carácter acintado de los yesos para pasar a ser de tipo nodular.

Petrográficamente, los niveles carbonatados pueden clasificarse como dolomicritas arcillosas con algo de yeso y los niveles terrígenos intercalados corresponden a litarenitas con cemento yesífero.

De acuerdo con sus características sedimentológicas estas facies pueden interpretarse como depósitos de orla de lago salino (*playa-lake*).

1.1.4. Unidad San Caprasio

Esta unidad aflora en el sector oriental de la hoja, correspondiéndose con la zona más elevada de la Sierra de Alcubierre.

Esta constituida por dos tramos basales con una presencia de terrígenos y otro superior carbonatado con el que culmina la serie miocena en el área de estudio. Su potencia total se ha evaluado en unos 130 m.

El límite inferior de esta unidad corresponde al contacto entre las facies yesífero-carbonatadas de origen lacustre-palustre, que caracterizan la parte superior de la infrayacente Unidad Montes de Castejón y las facies margo-terrígenas, de abanico aluvial distal que constituyen la base de esta unidad. Este límite se ha considerado como un nuevo período de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales y el inicio de la sedimentación de una nueva unidad genético-sedimentaria. Cabe destacar que, a grandes rasgos, este límite puede correlacionarse con el de las unidades tectosedimentarias N₂ y N₃, definidas y caracterizadas por PEREZ *et al* (1988) y descritas en este área por ARENAS *et al.* (1989).

Por lo que se refiere a la posición cronoestratigráfica de esta unidad, la unidad infrayacente ha podido ser datada en la vecina hoja de Lanaja como Aragoniense medio-superior, pero no se dispone de ningún dato directo de esta unidad en áreas próximas. Su correlación probable con la Unidad UTS N₃ definida por PEREZ *et al.* (1988) y datada en los lejanos yacimientos de La Ciesma y El Buste (Muela de Borja) correspondientes al límite Aragoniense-Vallesiense, es el único dato que permite acotar su edad.

Los materiales que configuran esta unidad, dentro del territorio estudiado, forman parte de la Fm. Alcubierre definida por QUIRANTES (1969) habiéndose diferenciado tres asociaciones de facies que se describen a continuación.

1.1.4.1. *Margas, margocalizas y arenas (13). Aragoniense-Vallesiense*

Esta asociación de facies constituye un tramo cartográfico de 50 a 60 m de potencia compuesto principalmente por margas de color gris-ocre que intercalan niveles de calizas margosas que raramente superan 1 m de espesor y son frecuentes hacia la base del tramo. Tienen por lo común una pátina ferruginosa rojiza a ocre y bioturbación, restos de gasterópodos y plantas. En el perfil estratigráfico de Alcubierre sur aparecen, igualmente en la base, 6 m de arenas marrones homométricas con estratificación cruzada y geometría tabular, sólo ocasionalmente canaliforme. También existen numerosos niveles edafizados.

Los carbonatos muestran texturas variadas: biomicritas, micritas, dismicritas y oomicritas, con un contenido variable de arcillas, así como de óxidos de hierro. Aparecen oncoides y es constante la presencia de ostrácodos y restos de carofitas. Se ha podido determinar, entre los fósiles recogidos *Sphaerochara* cf. *inconspicua* y ostrácodos de tipo *Candona* cf. *praecox*.

El ambiente de depósito de este tramo corresponde a una orla de abanico aluvial que evoluciona progresivamente en el tiempo a un régimen de expansión lacustre-palustre generalizado.

1.1.4.2. *Margas, arcillas, arenas y margocalizas (14). Vallesiense*

Estas facies forman un tramo cartográfico de unos 40 m de potencia constituido por margas y arcillas de colores gris-verdosos que contiene importantes intercalaciones arenosas y carbonatadas.

Se encuentran niveles limoníticos y carbonosos con restos de plantas y otros enrojecidos, posiblemente correspondientes a niveles de paleosuelos. Las calizas son tableadas y ganan importancia hacia el techo del tramo, estando bioturbadas por raíces y organismos; contienen por lo común bioclastos y restos de gasterópodos.

Las arenas pueden clasificarse como litarenitas calcáreo-feldespáticas de colores grises, y en algunas ocasiones alcanzan 2 m de espesor; se reconocen laminaciones cruzadas (*ripples*) pero no se observa con claridad estratificación cruzada ni base erosiva y su geometría es tabular.

Los términos carbonáticos corresponden en su mayoría a micritas y biomicritas algo arcillosas y ferruginizadas, con numerosos restos de carofitas, ostrácodos, moluscos y materia orgánica. Se han identificado *Chara notata*, *Rhabdochara* sp., ostrácodos, gasterópodos (*Hydrobia* sp.) y dientes de peces.

De acuerdo con sus características sedimentológicas puede considerarse un ambiente sedimentario palustre carbonatado con influencia fluvial distal para los depósitos de esta unidad.

1.1.4.3. *Calizas y margas (15). Vallesiense*

Es la unidad cartográfica culminante de la Unidad San Caprasio y también la más alta en el ámbito de la Cuenca del Ebro en su parte central.

Está constituida casi en su totalidad por unos 30 m de calizas micríticas y margosas, con intercalaciones minoritarias de margas grises. Se presentan en secuencias elementales de 0,4 a 3 m. Los niveles calcáreos son de colores grises, blancos y ocre, tableados, y contienen una elevada concentración de bioclastos y gasterópodos en los más tableados. La bioturbación es abundante, siendo espectacular el desarrollo de las formas verticales generadas por raíces de plantas.

Petrográficamente los términos carbonatados son casi exclusivamente biomicritas, a veces arcillosas, con bastante porosidad en general. Aparecen ferruginizaciones. La presencia de restos de carofitas, ostrácodos y moluscos es casi constante.

Estas facies se interpretan como depósitos de medios lacustre-palustres carbonatados.

1.2. CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios se encuentran muy bien representados en esta hoja, especialmente en los sectores occidental, central y suroriental.

El río Gállego ha dejado a su paso un sistema de terrazas muy bien desarrolladas, a las que se adosan en ambos márgenes extensos glacis. Los glacis también se extienden alrededor de la Sierra de Alcubierre formando una orla en su borde oeste y sur. Conviene destacar la importancia de depósitos de fondo de valle de carácter limoso.

1.2.1. Pleistoceno

1.2.1.1. *Gravas poligénicas y arenas. Depósitos de terraza (16, 18, 20, 22, 23 y 24). Pleistoceno-Holoceno*

Se trata de materiales aportados por el curso fluvial del río Gállego que se disponen en diferentes niveles escalonados situados a +70, +30, +20, +15, +10 y +5 m sobre la cota del cauce actual. Estas terrazas están compuestas por conglomerados con cantos redondeados de cuarcitas, calizas y cantos bastante alterados de granito, con tamaño que en ocasiones superan los 40 cm. La matriz es arenosa y limosa. Los depósitos de llanura de inundación que suelen aparecer son fundamentalmente arenas, limos e hiladas de cantos de origen pirenaico, de naturaleza similar a los de las terrazas.

Se observa que las terrazas más antiguas por lo general tienen encostramientos y cementaciones de naturaleza carbonatada.

1.2.1.2. *Gravas poligénicas, arenas, limos y arcillas. Glacis (17, 19 y 21). Pleistoceno*

Estas formaciones superficiales se presentan en forma de extensas superficies con depósitos detríticos procedentes de la Sierra de Alcubierre. Están compuestos siempre por cantos calcáreos, y en menor proporción de yeso, con abundante matriz arenoso-limosa de colores ocre. Aparecen en diferentes niveles, los más extensos están colgados. Llama la atención

por su conservación y su gran extensión areal el que arranca al oeste de Leciñena y de Perdiguera. También son importantes los glaciares pleistocenos (21) más modernos, bien representados en torno al corredor del río Gállego.

1.2.2. Holoceno

1.2.2.1. *Limos yesíferos, arcillas y cantos. Fondo de valle plano (25). Holoceno*

Estos sedimentos corresponden a los también llamados depósitos de *val* o *vale*, correspondientes a fondos de valle de morfología plana. Constituyen una de las formaciones cuaternarias más características de la Depresión Media del Ebro. Son abundantes y ramificados, no presentando en su seno abundancia de estructuras; a veces aparecen canales, laminación paralela e hiladas de cantos exclusivamente de yeso y angulosos de caliza. Es común encontrarlos incididos en su parte superior.

1.2.2.2. *Limos, cantos y arcillas. Derrames (26). Holoceno*

Estos materiales están compuestos por una matriz limo-arcillosa que engloba cantos de calizas, y en menor proporción de yesos. Se consideran depósitos actuales por su casi inexistente incisión. Son mantos de material detrítico y actúan de colectores de *vales*. En la cartografía se sitúan en la margen izquierda del río Gállego.

1.2.2.3. *Arcillas y limos. Áreas endorreicas (27). Holoceno*

Estos materiales tienen pequeña extensión e importancia encontrándose en la hoja en las inmediaciones de la localidad de Leciñena. Corresponden a depósitos de áreas con mal drenaje, que probablemente reciben aporte hídrico de otra depresión más extensa que se sitúa entre Perdiguera y Leciñena.

1.2.2.4. *Gravas poligénicas, limos y arenas. Terraza (28). Holoceno*

Se trata de depósitos aluviales relacionados con la *val* más desarrollada de la hoja y que actualmente se encuentran colgados. Constan de cantos calizos angulosos fundamentalmente, también de yeso con limo y arena como matriz. Cuando va a desembocar en el río Gállego en las proximidades de San Mateo, incorpora cantos de sus terrazas al atravesarlas. Su potencia no sobrepasa los 3 m.

1.2.2.5. *Cantos, arenas y limos. Conos de deyección (29). Holoceno*

Son depósitos detríticos que se sitúan en las salidas de los barrancos que van a dar al valle del Gállego. Presentan acumulaciones de cantos calcáreos y yesíferos en matriz limo-arenosa, sin aparente organización.

1.2.2.6. *Limos, arcillas y cantos. Coluvial (30). Holoceno*

Son depósitos relacionados con pendientes, enlazando depósitos elevados con otros situados a cotas inferiores; es común encontrarlos bordeando glaciares y terrazas colgadas. Apenas tienen organización interna.

1.2.2.7. *Arenas, gravas y limos. Aluvial actual (31). Holoceno*

Se trata de los depósitos fluviales actualmente funcionales del río Gállego, incluyéndose las barras de gravas, canal de estiaje y llanura de inundación.

1.2.2.8. *Limos, arcillas y gravas. Glacis subactual (32). Holoceno*

Son depósitos relacionados con depresiones que aparecen bien representadas y extensas a lo largo de un eje de orientación aproximada N-S entre Perdiguera y Leciñena, al sur de Perdiguera y también al sur de Monte Oscuro. Tiene una nula incisión.

2. TECTONICA

2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La Hoja de Leciñena (355) 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 orientales. Esto es un reflejo de la evolución de la deformación en el orógeno, hacia el antepaís y progresivamente más moderna de este a oeste.

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. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La hoja de Leciénena está constituida por terrenos terciarios de edad Aragoniense y extensos depósitos cuaternarios, localizados sobre todo en la mitad occidental de la hoja, en el valle del río Gállego.

Todo el territorio que comprende esta hoja constituye un único dominio con características estructurales uniformes. Los depósitos terciarios presentan una estructura tabular, disponiéndose de forma prácticamente horizontal en torno a las estribaciones occidentales de la Sierra de Alcubierre.

En toda la extensión de la hoja las únicas estructuras cartografiables son dos fallas normales, paralelas, de orientación NNE, que hundan el bloque occidental con un salto de unos 20 a 25 metros. Se encuentran situadas en las proximidades de la Ermita de Santa Cruz y afectan a los materiales de la Unidad de San Caprasio, de edad Aragoniense superior-Vallesiense. Adosado a la falla más occidental de éstas se encuentra un pequeño sinclinal, de orientación N 15 E, limitado al este por una pequeña falla inversa, cuya génesis parece estar controlada por procesos halocinéticos. También se muestran con frecuencia fracturas normales de escaso desplazamiento (cm a dm) con orientación NNE en las facies calcáreas más altas de la Sierra de Alcubierre.

Compatible con este estado de esfuerzos, otras estructuras presentes en la hoja (afectando a los niveles de calizas de la Sierra de Alcubierre) son sistemas ortogonales de diaclasas, con direcciones preferentes NNE-SSO, que en algunos puntos presentan pequeños desplazamientos de falla directa. Estas estructuras pueden ser importantes dado que aportan información sobre los esfuerzos que las originaron. De acuerdo con el modelo de SIMON *et al.* (1989) estos sistemas ortogonales de fracturas se originan bajo un régimen de esfuerzos de distensión próxima a radial.

En el área nororiental de la hoja, a la altura del Km 29 de la carretera entre Leciénena y Alcubierre, se encuentran una serie de pliegues de escala métrica a decamétrica orientados en dirección ONO-ESE. Los buzamientos de las capas son elevados, llegando a estar invertidos, y produciendo una vergencia general de las estructuras hacia el NE. La génesis de estos pliegues no parece responder directamente a la actuación de un campo regional compresivo, dado que se trata de estructuras aisladas, no habiéndose encontrado formas similares en otras áreas. La existencia en esta zona de materiales plásticos (yesos y margas) hace pensar en un posible origen diapírico, no obstante se debe hacer notar la orientación constante de las estructuras y la escasa presencia de fallas relacionadas con estos pliegues.

Fenómenos similares se han observado en la hoja colindante nº 383 de Zaragoza, en donde siendo importantes los procesos diapíricos, no parecen ser éstos los únicos responsables de este tipo de deformaciones, ya que existen estructuras que no pueden encajarse en los modelos de evolución diapírica, y debe considerarse la posible existencia de una actividad tectónica compresiva tardía de carácter regional en el ámbito de la Cordillera Ibérica y Cuenca del Ebro (GRACIA y SIMON, 1986; CASAS, 1988; SIMON y PARICIO, 1988).

Se han medido tres estaciones de diaclasas en la hoja. Una de ellas en las proximidades de Villamayor que presenta una familia dominante de dirección N-S y otra más minoritaria en

dirección E-W. Las otras dos se han medido en la Sierra de Alcubierre, en los materiales terciarios más jóvenes de la hoja. Una de ellas presenta una familia dominante de dirección N 25 E y otra menos representada en dirección N125; la otra estación presenta un máximo de diaclasas en dirección N105 E y otra con menor representación en dirección N 005 E.

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 epicentro desde Cataluña a Los Monegros.

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

2.4. NEOTECTONICA

La actividad neotectónica en la hoja de Leciñena no es de mucha importancia, de hecho, las estructuras recientes encontradas son escasas y poco espectaculares.

Destaca por la gran extensión a la que afecta, un basculamiento de escasa entidad en el ángulo nororiental de la hoja, que se manifiesta con carácter generalizado en todo el ámbito de la Sierra de Alcubierre. Dado que los materiales afectados son de edad Aragoniense o posiblemente Vallesiense, este basculamiento debió producirse en el Mioceno superior o más recientemente.

Otras estructuras presentes en la hoja son sistemas ortogonales de diaclasas, que en algunos puntos presentan pequeños desplazamientos normales. En el glacis localizado junto a la localidad de Perdiguera se ha identificado un área con microfallas, en algunas de las cuales ha podido comprobar un desplazamiento de tipo normal, las direcciones principales de los planos de falla son N-S y ONO-ESE. De acuerdo con el modelo de SIMON *et al.* (1989) estos sistemas ortogonales de fracturas se originan bajo un régimen de esfuerzos de distensión próxima a radial. Por la orientación de estas estructuras y de la edad de los materiales afectados, puede deducirse que la dirección del eje de esfuerzos σ_3 se orienta en dirección ESE durante parte del Mioceno superior, prolongándose esta situación distensiva hasta el Pleistoceno inferior con pocas variaciones.

Las deformaciones de mayor interés encontradas, se registran en los materiales cuaternarios, principalmente en los glacis que arrancan en los relieves de la Sierra de Alcubierre y tienen su base próxima al cauce de los ríos Gállego y Ebro. Estas deformaciones han sido atribuidas a deformaciones diapíricas por halocinesis de los yesos neógenos infrayacentes. Estas deformaciones afectan también a materiales terciarios, reconociéndose pliegues, fallas normales e inversas.

3. GEOMORFOLOGIA

3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La hoja de Leciñena se sitúa en la zona central de la Depresión Terciaria del Ebro, en su sector aragonés. Su sustrato está formado por materiales terciarios de naturaleza detrítica, evaporítica y carbonatada, de edad Mioceno, que se disponen de forma tabular.

La hoja está recorrida de norte a sur por el río Gállego, que desemboca próximo a la esquina SO de la hoja en el río Ebro. El resto de la red de drenaje parte de forma radial desde la Sierra de Alcubierre, en la zona oriental, hacia los valles de los antedichos ríos.

El clima es mediterráneo, de templado a seco, semiárido, con una temperatura media anual de unos 14°C y una pluviometría media de 400 mm/año. Esta última presenta una anomalía positiva en la Sierra de Alcubierre debida a la particular actividad de las tormentas.

3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

3.2.1. Estudio morfoestructural

3.2.1.1. *Enmarque dentro de los grandes conjuntos regionales*

La hoja se sitúa en la antedicha parte central de la Depresión del Ebro, donde los sedimentos terciarios horizontales han sido modelados por la actividad erosiva de la red fluvial cuaternaria, hoy representada por el río Ebro y sus afluentes.

3.2.1.2. *Unidades morfoestructurales*

La ausencia de importantes accidentes tectónicos que condicionen la morfología de la hoja deja la disposición tabular subhorizontal de los sedimentos terciarios, junto con la erosionalidad diferencial de los diferentes tramos derivada de su litología, como únicos factores estáticos a considerar.

Es por tanto inevitable tener que recurrir a estos factores y a la red de drenaje que ha modelado los depósitos, para establecer una división en las grandes unidades siguientes:

- Muela de la Sierra de Alcubierre
- Sistemas de glaciares periféricos
- Corredor del río Gállego

a) *Muela de la Sierra de Alcubierre*

Es un relieve residual de niveles carbonatados que protegen de la erosión a los yesos y margas infrayacentes. La topografía es abrupta y se levanta sobre el área llana de Leciñena-Perdiguera desde las cotas 410 a 450 m, para culminar en el vértice de Monte Oscuro y una superficie estructural coincidentes con los niveles más altos de caliza a una cota de 812 m.

Las vertientes meridional y occidental son más escarpadas que las opuestas; mientras en las primeras se encaja una red en que dominan las cabeceras acarcavadas de barrancos, en las otras (más suaves) se generan valles de fondo plano con drenaje general hacia el NNO.

b) *Sistemas de glaciares periféricos*

Se trata de las formas que sucesivamente han conectado los relieves iniciales de la sierra de Alcubierre con los niveles de base definidos en cada momento por los valles circundantes.

De estos sistemas, el más antiguo conservado (nivel **h** del mapa geomorfológico) es al que pertenecen los glaciares de Leciñena y Perdiguera. Su arranque actual se localiza en las proximidades de dichas poblaciones, y con suave pendiente enlazan hacia el ONO con la terraza de 70 m del Gállego. Su cabecera ha sido erosionada, y en su lugar se ha generado un replano con difícil drenaje en el que es frecuente detectar la actividad kárstica.

Hacia la parte meridional, el mayor encajamiento de la red de drenaje ha dejado relictos, ya menores, de este sistema con clara pendiente hacia el sur.

El resto de los sistemas hasta el actual se ha desarrollado igualmente con una tendencia a la distribución radial respecto a la Sierra de Alcubierre, presentando en su ladera meridional una buena secuencia para su estudio. Los sistemas **i** y **j** se desarrollan a partir del replano de Leciñena-Perdiguera (410-450 m), y conectándose por medio de los más recientes (**k**) enlazan generalmente con las terrazas de los 20 y 30 m.

c) *Corredor del río Gállego*

Se sitúa en la parte occidental de la hoja, fluyendo el río Gállego por su parte central con dirección NNE-SSO.

Se trata de un valle en artesa con terrazas escalonadas, de las que se han cartografiado las situadas a una cota de 5, 10, 20, 30 y 70 m sobre el cauce actual. Esta última se conserva bien en el norte (en la zona más estrecha del valle), mientras que al sur dominan las terra-

zas de 20 y 30 m. En ambos casos están incisas por el aluvial actual y por las terrazas de 5 y 10 m que se conservan uniformemente durante todo el recorrido por la hoja. Un estudio de estas terrazas desde el punto de vista geomorfológico y sedimentológico puede encontrarse en GONZALEZ y ARRESE (1977).

3.2.2. Estudio del modelado

Las formas que se han distinguido como resultado del modelado de los depósitos terciarios y cuaternarios, debido fundamentalmente a los agentes externos se han agrupado dentro de los procesos genéticos siguientes:

- Fluviales
- Poligénicos
- Kársticos
- Laderas

3.2.2.1. Modelado Fluvial

Se diferencian las formas de carácter denudativo, por un lado, de las acumulativas, por otro.

A las primeras pertenecen:

- Zonas acarcavadas de las cabeceras de los barrancos, especialmente representadas en la ladera suroccidental de la Sierra de Alcubierre por debajo de la cota 812, y al sur del vértice Pedrusos por debajo de los 438 m.
- Un importante interfluvio definido por la línea de crestas de la Sierra de Alcubierre.
- Incisiones lineales de la red fluvial marcadas preferentemente en los cortos espacios existentes entre las zonas acarcavadas y las de relleno de valle.

A las formas acumulativas pertenecen las terrazas, de las que se han diferenciado cinco niveles. Sus cotas medias sobre el curso actual del río Gállego (5, 10, 20, 30 y 70 m) se han utilizado para la denominación de cada una de ellas.

Normalmente los niveles de terrazas se encuentran solapados, estando representado el contacto entre los distintos niveles por un escape, siendo difícil en los taludes la observación del Terciario infrayacente a causa de la potencia desarrollada que es del orden de la altura de escalonamiento.

Se han correlacionado los depósitos del curso inferior del Barranco de San Mateo, situados al norte de la hoja, con la terraza de los 10 m. Estos depósitos según se asciende en el curso del barranco pierden gradualmente su carácter fluvial y cota respecto a su incisión actual, para llegar a convertirse en rellenos de valle de fondo plano en su curso alto.

Se debe reseñar que el seguimiento del contacto entre las terrazas de los 20 y 30 m es difícil en la parte meridional, probablemente debido a hundimientos kársticos muy fre-

cuentas en el área, y también que el desarrollo de conos aluviales tiene mayor relevancia en la margen derecha del río Gállego, habiéndose distribuido sus sedimentos sobre la terraza de los 10 m.

Se han definido zonas de encharcamiento en áreas semiendorreicas que se han originado entre el sur de Perdiguera y Leciñena, en un replano en que la actividad kárstica es evidente.

3.2.2.2. *Formas poligénicas*

Se han incluido dentro de la génesis poligénica todos aquellos depósitos y formas cuyo origen se debe, en mayor o menor grado, a más de un proceso; así se han considerado dos grandes grupos:

- Glacis
- Valles de fondo plano

Dentro de los glacis se han distinguido, por un estudio secuencial relativo de sus incisiones, cuatro sistemas, denominados **h**, **i**, **j**, **k** en el mapa geomorfológico, de más antiguo a más moderno. Por lo general son fácilmente reconocibles, si bien el **i** sólo se desarrolla en la parte meridional de la hoja y, a veces, es difícil diferenciar del **h**.

Los límites del sistema **h**, y en menor parte el **i**, quedan colgados y definidos generalmente por un escarpe, mientras que los sistemas **j** y **k** tienen su génesis en una época muy próxima a la del encajamiento de la red actual, situándose preferentemente en áreas deprimidas de carácter más local. Tal es así que la mayoría de los considerados actuales derrames tienen su origen en la red digitada de valles de fondo plano con los que solamente se puede marcar una línea convencional de separación.

En los valles de fondo plano están incluidos todos los depósitos de la red de drenaje actual que no presentan generalmente cauce inciso. El enlace de la parte inferior, donde dominan los arrastres fluviales, con los depósitos de dominio gravitatorio en las laderas, se suele efectuar mediante una superficie ligeramente cóncava, sin que sea posible de una manera clara su delimitación.

3.2.2.3. *Formas kársticas*

El origen de estas formas hay que buscarlo en la disolución de los yesos de la Fm. Zaragoza, fundamentalmente en dos niveles: uno en las cotas próximas a los 400 m (replano subendorreico de Perdiguera-Leciñena) y otro, sobre los 220 m, afectando a terrazas del Gállego, especialmente en las cercanías de Villamayor, donde BENITO (1987) describe un campo de 82 dolinas.

3.2.2.4. *Laderas*

Entre las formas de laderas se han considerado las de acumulación de tipo coluvial, generadas bien bajo los escarpes de las terrazas de los 30 y 70 m de la margen derecha del Gállego,

bien en las laderas escarpadas orientales de los glaciares de las proximidades de Perdiguera. Su situación, a sotavento de los vientos dominantes, y el alto contenido en material detrítico de grano fino, obligan a considerar el factor eólico como relevante en su génesis.

3.2.2.5. *Formas antrópicas*

Aunque la actividad antrópica es muy alta, especialmente en el valle del Gállego, tiene escasa relevancia a la escala de la hoja. Se han marcado algunas explotaciones a cielo abierto y los canales de riego más importantes.

3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

Se definen las características estratigráficas de los depósitos cuya génesis morfológica se ha tratado en el epígrafe 3.2.

3.3.1. **Terrazas**

Las terrazas definidas en el curso del río Gállego están constituidas por gravas y arenas con estratificación cruzada con fuertes cicatrices erosivas. A veces en su techo, es reconocible un nivel de limos correspondiente a la llanura de inundación coetánea con la terraza. El origen y litología de los cantos, bien rodados, es muy variado con predominio de las rocas paleozoicas (cuarzo, cuarcitas, calizas y rocas plutónicas), sobre las terciarias; su tamaño medio oscila entre los 2 y 8 cm. La matriz que los traba está constituida por arena y limo cementada por carbonato en contenido variable que normalmente aumenta en los depósitos más antiguos.

Las potencias de estos depósitos, observadas en los taludes naturales, varían entre 5 y 6 m para las de los +10 y +20 m, 8 para la de los +30, y 20 m para la de +70, aunque las estimadas por criterios geomorfológicos y más cercanas a la realidad, deben ser hasta un 50% mayores, o incluso más en las terrazas depositadas sobre áreas con actividad kárstica, donde el colapso y relleno pueden dar anomalías importantes.

Se han incluido como depósitos de terraza y correlacionado con la situada a cota +10 del río Gállego los depósitos del curso inferior del Barranco de San Mateo que actualmente quedan colgados. Evidentemente la proximidad del área fuente terciaria condiciona la litología de sus cantos, exclusivamente de calizas y areniscas, y la morfometría, presentando cantos de menor tamaño que las terrazas del Gállego y también menor grado de redondeamiento. Su conexión con los depósitos marginales que incorporan limos yesíferos, en incluso cantos de yeso, ha hecho dudar entre su asignación a la antedicha terraza o bien a una *val* antigua que hubiera quedado colgada.

3.3.2. **Glacis**

Los depósitos de glacis mejor estudiados, por ser los de mejor exposición al haber quedado

colgados en la margen izquierda del río Gállego, han sido los de los sistemas **h e i**, y particularmente el **h** por su mayor profusión. Generalmente están constituidos por gravas de cantos de caliza y, en menor proporción, de arenisca trabados por limos de colores ocre-amarillentos. Ocasionalmente se ha observado la presencia de arenas con estratificación cruzada, así como niveles con profusión de cantos de yeso.

La potencia original de los depósitos debe ser del orden de los 30 m, aunque los retoques erosivos actuales ocasionan, localmente, casi su total desmantelamiento para dejar subaflorente al Terciario infrayacente.

El sistema **j** se identifica bien en las incisiones generadas en los escarpes de las terrazas de la margen derecha del río Gállego, donde se han podido reconocer de 1,5 a 3 m de gravas de cantos calcáreos subangulosos de 2 a 3 cm con matriz limoso-arenosa, que reposan bien sobre el Terciario (área de su arranque) en la parte más alta, bien sobre alguna terraza, en la más baja.

El encalichamiento es una característica general de estos depósitos, localizándose preferentemente en su techo.

3.3.3. Valles de fondo plano

Los depósitos de los valles de fondo plano o *vales* están constituidos por limos, generalmente yesíferos, que incorporan en proporción variable cantos de caliza, arenisca y yeso; los primeros suelen ser subangulosos, mientras que los de yeso aparecen más redondeados. La jerarquización suele ser escasa, tanto en la disposición como en el tamaño de los cantos, dependiendo en gran parte de la importancia del valle y de la influencia de los aportes de las laderas marginales.

Por tratarse de rellenos de valles en V que actualmente no presentan incisión, es difícil estimar en cada caso la potencia desarrollada, habiéndose llegado a medir en alguna zona de cabecera, como en la parte central del Barranco de Santa Cruz, al este de Perdigueras, un mínimo de 12 m.

3.3.4. Depósitos kársticos

Los depósitos kársticos corresponden al relleno de dolinas. El carácter de éstos rellenos depende en gran manera de los depósitos recientes circundantes. Así para el nivel más bajo que afecta a las terrazas del Gállego, los materiales tienen la misma composición que éstas, produciendo notables anomalías en su potencia, mientras que el nivel más alto de Leciñena-Perdiguera, presenta la de los valles de fondo plano, no diferenciable, en este caso de los glaciares actuales-subactuales. Hay que hacer referencia a la posible alteración de los niveles superiores de colmatación debido a la actividad química y biológica, muy abundante en estas áreas deprimidas y especialmente húmedas.

3.4. EVOLUCION DINAMICA

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

En este momento tiene lugar el desarrollo de una superficie de erosión, que bisela los depósitos terciarios, 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; SORIANO y GUTIERREZ, 1983) y la Plana 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

Este cambio de régimen debió de producirse en el tránsito Mioceno-Plioceno (RIBA *et al.*, 1983) o quizá algo antes, aunque debido a la falta de dataciones en las facies terminales miocenas, es difícil establecer con precisión el comienzo de este cambio. A su vez, en esta época, se localiza un levantamiento generalizado de la Cuenca del Ebro.

El primer proceso de esta etapa denudativa del que se tiene constancia en la hoja es el del rápido encajamiento de una red de drenaje principal en la que el río Gállego deja testigo de su presencia con su terraza de 70 m. Esta constituiría el nivel de base local con el que conectarían las partes más bajas de los glaciares **h** provenientes de unos relieves de tipo *muela*, más extensos y mejor conformados que la actual de la Sierra de Alcubierre.

Esta etapa de depósitos consiguiente a la de desmantelamiento del edificio terciario, tendría lugar durante una fase fría con gelivación de edad pleistocena (FRUTOS, 1968).

Posteriormente, por procesos genéticos semejantes, aunque de menor intensidad, se formarían las terrazas de 30 y 20 m con las que se ha correlacionado el sistema **i** de glaciares; la edad atribuida es la de Pleistoceno superior.

Por último, hay que considerar el encajamiento y depósito de las terrazas de 10 y 5 m, con dataciones según estudios anteriores en Zaragoza (RODRIGUEZ y VILCHEZ, 1984) de 800 años a.d.c. para la primera y de 50 años a.d.c. para la base de la segunda, siempre dentro de una edad holocena.

A esta última etapa holocena se han atribuido los procesos generalizados de relleno de valles, conos aluviales, derrames y glaciares actuales-subactuales incluidos en los sistemas de glaciares **j** y **k**, así como los procesos antrópicos.

3.5. PROCESOS ACTUALES-SUBACTUALES Y TENDENCIAS FUTURAS

Del estudio de la evolución geomorfológica en la hoja y de los procesos actuales es posible afirmar que existe un área relativamente estable, el valle del Gállego, que define el nivel de base regional. Por ello, aparte de los procesos erosivos del cauce actual, hay que considerar

que sobre sus terrazas más extensas (10, 20 y 30 m) tienen lugar acumulaciones de detríticos procedentes de las partes más altas.

En el resto de la hoja, a excepción del replano de Perdiguera-Leciñena (sobre la cota 400) que marca otro nivel de base, en este caso local, que también está sometido a procesos importantes de tipo acumulativo, son los procesos de carácter denudativo, con diferentes intensidades, los más generalizados.

Estos últimos procesos denudativos se acusan especialmente en las cabeceras de las dos zonas acarcavadas definidas en el epígrafe 3.2.2.1., constituyendo el factor más importante para la previsión del modelado futuro; ambas zonas migrarían hacia el NE, desmantelando el edificio actual de la Sierra de Alcubierre en dos etapas espaciadas de acuerdo con su fase relativa.

Se establecerían finalmente nuevos perfiles de equilibrio con pendientes dominantes hacia el sur que partirían de una "Sierra de Alcubierre" situada más al norte, con cotas máximas de unos 400 m, y conectarían con el nivel de base definido en ese momento por el río Ebro ligeramente inferior al actual.

En la prospectiva anterior, para el establecimiento de estas tendencias futuras no se han tenido en cuenta imprevisibles variaciones climáticas importantes, ni tampoco factores endógenos, poco probables, en el área que nos ocupa.

4. HISTORIA GEOLOGICA

La hoja de Leciñena se encuentra situada en el sector central de la Cuenca del Ebro.

La Cuenca del Ebro corresponde a los últimos estadios de evolución de la cuenca de antepaís meridional del orógeno pirenaico, aunque sus márgenes meridional y oriental estuvieron afectados por la actividad tectónica de la Cordillera Ibérica, y de la Cordillera Costero Catalana.

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

cias progresivas y angulares desarrolladas en los materiales conglomeráticos de abanico aluvial proximal que son observables en numerosas localidades: Formación Berga (RIBA, 1976) en el Pirineo; sistemas de Sant Miquel de Montclar, de La Llena y del Montsant (ANADON *et al.*, 1986) en la Cordillera Costero Catalana. La tectónica sinsedimentaria, desarrollada en la cuenca durante el Oligoceno y el Mioceno, también queda reflejada por la progresiva migración, a través del tiempo, que efectúan los depocentros lacustres hacia el oeste.

Los depósitos terciarios de la hoja de Leciñena abarcan desde el Aragoniense al Vallesiense inferior, habiéndose distinguido tres etapas de progradación de los sistemas aluviales detríticos sobre los depósitos evaporíticos de centro de cuenca. La progradación de los sistemas aluviales puede relacionarse con la reactivación de los relieves marginales, o con cambios climáticos que suponen un recrudescimiento de la erosión.

Así durante el Aragoniense sobre los depósitos de la Unidad Remolinos-Lanaja, que denotan un ambiente lacustre-palustre, la etapa de progradación correspondiente al depósito de la Unidad de Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora queda evidenciada por areniscas canalizadas propias de facies fluviales medio-distales que progresivamente evolucionan a las de margen de lago salino y a facies de lago salino hacia el suroeste.

Posteriormente, los depósitos pertenecientes a la Unidad Montes de Castejón revelan una mayoría de facies lacustres-palustres en rápido paso lateral a las de borde de lago salino, dentro de una etapa de franco dominio lacustre.

Finalmente coincidiendo con la última reactivación, localizada aproximadamente en el límite Aragoniense-Vallesiense, se depositan los materiales de la Unidad de San Caprasio, la más joven de la cuenca terciaria del Ebro en este sector. En este período el área está ocupada por ambientes fluviales distales a medio-distales que un poco más tarde evolucionan a ambientes palustres o lacustres carbonatados que constituyen los depósitos más recientes del terciario.

Tras la sedimentación miocena de la Unidad de San Caprasio se produce, en un período de tiempo que no es conocido con exactitud, el cambio a condiciones netamente exorreicas con establecimiento de un sistema fluvial de erosión y transporte (Ebro), que drena la cuenca y escapa a través de la Cordillera Costero Catalana, modificando la morfología de la cuenca.

Dado que, por un lado, las series terminales miocenas están erosionadas a techo, y por otro, sus escasos datos paleontológicos son poco precisos (yacimiento de Corona de la Reina en la hoja de Zuera como Aragoniense medio a Vallesiense), es difícil establecer la edad de este episodio. En líneas generales debió suceder en el tránsito Mioceno superior a Plioceno (RIBA, *et al.*, 1983) o algo antes. Este abandono de las condiciones endorreicas se produce probablemente acompañado de una elevación generalizada del relieve y de la desecación del Mediterráneo durante el Messiniense, imponiendo un encajamiento rápido de la red de drenaje para adaptarse a estas nuevas condiciones.

Las primeras etapas de este vaciado erosional quedan señaladas por la presencia de costras carbonatadas y depósitos detríticos conservados en lo alto de algunos relieves calcáreos: La

Plana y La Muela de Zaragoza, la Plana Negra y Montes de Castejón, destacando las culminaciones de la Sierra de Alcubierre (San Caprasio y Monte Oscuro con 812 m) como relieve residual previo a estas primeras etapas. La edad de esta primera etapa es incierta y ha sido considerada como final del Plioceno o comienzo del Pleistoceno (ZUIDAM, 1976) o como Plioceno (GRACIA *et al.*, 1985).

Durante el Cuaternario continúa el vaciado erosivo, produciéndose cambios dinámicos en los sistemas fluviales que condicionan la génesis de distintos niveles de terrazas y glacis.

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 mayor parte de los recursos existentes en la hoja de Leciñena están constituidos por materiales groseros (gravas y arenas) pertenecientes a los depósitos de terrazas y glacis desarrollados en las márgenes del curso bajo del río Gállego.

Las explotaciones son, en general, de pequeña envergadura, y la extracción se realiza en frentes a cielo abierto.

Dadas las características particulares de la demanda de estos productos, las explotaciones presentan un carácter intermitente o bien quedan abandonadas posteriormente a su utilización.

Aparte de estos materiales, solo existe una cantera a cielo abierto, hoy día abandonada, para la extracción de caliza en el término municipal de San Mateo de Gállego.

5.2. HIDROGEOLOGIA

5.2.1. Climatología

En la hoja de Leciñena se encuentran 11 estaciones climatológicas dependientes del Instituto Nacional de Meteorología. De estas estaciones, una es completa y el resto pluviométricas, su distribución está concentrada en la vega del río Gállego.

Según la clasificación climática de Papadakis el clima dominante en la región es mediterráneo templado a seco, semiárido; la temperatura media para el período 1940-1985 está comprendida entre los 13° y 14°, con medias invernales de 2 a 4°C, alcanzándose las temperaturas máximas en los meses de Julio y Agosto. A lo largo del año existen acusados contrastes térmicos con diferencias máximas entre los meses de verano e invierno de 20°C. La diferencia térmica existente entre el Cantábrico y el Mediterráneo es la causa del "cierzo", viento dominante, de componente noroeste, en toda la cubeta central del Ebro, en la cual se encuentra situada la hoja.

CODIGO	NOMBRE	COORDENAD. UTM	TERMINO MUNICIPAL	SUSTANCIA	MORFOLOGIA	LABORES	OBSERV.
1	Monte Realejo	X: 685.530 Y: 4628.300	Peñafior (Zaragoza)	Grava	Depósito de terraza	Cantera	Activa
2	La Pallaruela	X: 685.750 Y: 4629.300	San Mateo de Gállego (Zarag.)	Arena	Depósito de glacis-terrazza	Cantera	Inactiva
3	La Pallaruela	X: 687.600 Y: 4630.650	San Mateo de Gállego (Zarag.)	Arena	Glacis	Cantera	Inactiva
4	-	X: 688.170 Y: 4631.200	Leciñena (Zaragoza)	Caliza	-	Cantera	Abandonada
5	-	X: 681.100 Y: 4619.400	Zaragoza	Grava	Terraza	Cantera	Activa
6 (238)	-	X: 680.100 Y: 4616.800	Zaragoza	Grava	Terraza	Cantera	Activa
7 (237)	C° de Escobar	X: 682.100 Y: 4625.700	Villanueva de Gállego (Zarag.)	Grava	Terraza	Cantera	Activa
8 (242)	-	X: 680.100 Y: 4628.400	Villanueva de Gállego (Zarag.)	Grava	Glacis-Terraza	Cantera	Intermitente
9 (249)	-	X: 680.800 Y: 4627.800	Villanueva de Gállego (Zarag.)	Grava	Glacis-Terraza	Cantera	Intermitente

Cuadro 1.

CODIGO	NOMBRE	COORDENAD. UTM	TERMINO MUNICIPAL	SUSTANCIA	MORFOLOGIA	LABORES	OBSERV.
9	-	X: 680.800 Y: 4627.800	Villanueva de Gállego (Zarag.)	Grava	Glacis-Terraza	Cantera	Intermitente
10 (250)	-	X: 679.600 Y: 4623.600	Villanueva de Gállego (Zarag.)	Grava	Terraza	Cantera	Intermitente
11 (242)	-	X: 682.600 Y: 4625.800	Villanueva de Gállego (Zarag.)	Grava	-	Cantera	Activa
12 (243)	-	X: 682.400 Y: 4626.200	Villanueva de Gállego (Zarag.)	Grava	-	Cantera	Activa

Cuadro 1. Bis.

La pluviometría media es de 400 mm/año para el período 1940-85. Las precipitaciones presentan dos máximas en otoño y primavera y un mínimo relativo en invierno.

La evapotranspiración potencial está comprendida entre los 750 y 800 mm/año.

5.2.2. **Hidrología**

Las aguas superficiales de la hoja son tributarias del río Gállego, el cual a su vez es afluente del río Ebro.

En el Plan Hidrológico del Ebro se dan unas aportaciones medias anuales para el río Gállego de 1.225 Hm³, antes de su desembocadura en el Ebro; en este punto se dan unos caudales máximos de 323 m³/seg, siendo el caudal medio de 12,43 m³/seg. Las aguas del Gállego se encuentran reguladas en su cuenca media por los embalses de Ardisa y Sotonera, existiendo además numerosas tomas de agua para abastecimiento de canales y acequias, por lo que las cifras dadas anteriormente son orientativas.

Las aguas superficiales son empleadas para regadío y algunos abastecimientos.

El Índice de Calidad General (ICG) basado en sólidos en suspensión, conductividad y DBO₅, en la estación de control de calidad n° 209, situado a la altura de Villanueva de Gállego, es intermedio, teniendo un valor de 75, siendo el valor medio de DBO₃ y el de los sólidos en suspensión de 52.

5.2.3. **Características Hidrogeológicas**

5.2.3.1. *Acuíferos aluviales y terrazas*

Los materiales que presentan mejores características hidrogeológicas son los aluviales y terrazas de los ríos, especialmente el del río Gállego, de gran extensión superficial. Este aluvial pertenece al sistema acuífero n° 62 (Terrazas aluviales del Ebro) y dentro del mismo al subsistema 62.8 (Gállego)

Litológicamente, los depósitos aluviales están constituidos por gravas, arenas y limos, con un espesor mínimo de 10 metros y máximo de 20 metros. Es un acuífero libre cuya permeabilidad es debida a la porosidad intergranular y cuyos impermeables lateral y de base están constituidos por las facies miocenas.

La alimentación del subsistema procede de aportaciones del río, retornos de riego y aportaciones laterales (68 Hm³/año) y por la infiltración del agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables (4 Hm³/año). La descarga del acuífero se produce por bombeos (19 Hm³/año).

En el cuaternario del río Gállego aflorante en la hoja existe una gran profusión de explotaciones del acuífero mediante pozos y sondeos.

En general las aguas subterráneas se emplean en regadíos y en menor proporción para abastecimientos urbanos.

5.2.3.2. *Otros posibles acuíferos*

Únicamente se pueden considerar con cierto interés hidrogeológico los materiales limosos, arenosos y de gravas que constituyen los "glacis", la potencia de éstos varía entre 5 y 20 metros, pudiendo llegar localmente a los 40 metros. La alimentación de estos materiales es debida a la infiltración del agua de lluvia y son drenados por los arroyos que los atraviesan.

Las calizas que afloran en la Sierra de Alcubierre carecen de interés hidrogeológico, ya que se encuentran colgadas y tienen intercalaciones margosas.

En los yesos del Mioceno inferior se desarrolla en algunos puntos un sistema kárstico de tipo exokarst, dando lugar a acuíferos kársticos aislados, aunque el alto contenido en sulfatos hace que estas aguas no sean aptas para ningún uso.

En este conjunto de posibles acuíferos, no existe ninguna explotación de las aguas subterráneas, únicamente hay pequeñas fuentes cuyo funcionamiento está condicionado a la pluviometría.

5.3. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS GENERALES

El objeto del presente apartado es la división del área comprendida en la hoja en zonas relativamente homogéneas en cuanto a sus características geotécnicas.

El ámbito de la hoja se ha dividido en tres áreas de acuerdo con criterios de tipo litológico, genético y morfológico. Estas áreas a su vez se han dividido en zonas siguiendo criterios geomorfológicos, estructurales, hidrogeológicos y geotécnicos.

Se valora cualitativamente permeabilidad, drenaje, capacidad de carga, ripabilidad y riesgo geológico. Para la cualificación del riesgo geológico se ha considerado la erosionabilidad, posibilidad de desprendimiento de laderas y escarpes naturales, posibilidad de aterramientos, de disolución y hundimientos, de inundación debido tanto al mal drenaje superficial y subterráneo como a la posición del nivel freático, la agresividad al cemento y los asientos diferenciales.

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

AREA I:

Comprende los depósitos terciarios yesíferos, margosos, calizos y arenosos de la depresión central del valle del Ebro y de las estribaciones occidentales de la Sierra de Alcubierre.

Zona I₁

Litológicamente compuesta por yesos nodulares y estratiformes masivos con pasadas de limo. A esta zona pertenecen las unidades cartográficas 1, 4, 7 y 12.

Su disposición estructural es subhorizontal con ondulaciones y fuertes abarrancamientos.

Tiene un mal drenaje profundo debido a la impermeabilidad de los yesos, si bien se puede dar una importante permeabilidad local por disolución. El drenaje será por tanto principalmente por escorrentía dando lugar a abarrancamientos.

Este grupo no es ripable.

Presenta una capacidad de carga moderada y debido a las características litológicas, la posibilidad de asientos diferenciales es importante.

El riesgo geológico en su conjunto es alto. Se presentan problemas de desprendimientos de laderas, escarpes y aterramientos, en zonas con fuertes desniveles de cotas, que dan lugar a potentes coluviones y conos de deyección.

Problemas intensos de agresividad a los cementos y hormigones, por la acción de los iones sulfato de los yesos.

Zona I₂

Está constituida por margas, margocalizas y calizas margosas con yesos. Comprende las unidades cartográficas 2, 10 y 11.

Su disposición estructural es horizontal. Morfológicamente presenta escarpes escalonados y abarrancamientos bien desarrollados.

La formación es impermeable. El drenaje será principalmente por escorrentía.

Los materiales de este grupo no son ripables. Pueden presentar agresividad a los cementos por acción de los sulfatos, así como posibles problemas de disolución y abarrancamientos progresivos.

La capacidad de carga es de moderada a baja debido a la plasticidad de las margas y presenta alto riesgo de asientos diferenciales.

Los problemas de desprendimiento de laderas y escarpes y de aterramientos son medio-altos en las zonas con fuertes desniveles de cotas.

Zona I₃

Formada por las margas, margocalizas, calizas y arenas de la Sierra de Alcubierre. Abarca las unidades cartográficas 3, 5, 6, 8, 9, 13, 14 y 15.

Su disposición estructural es horizontal. Morfológicamente presenta escarpes escalonados y abarrancamientos.

La permeabilidad es de baja (margas) a media (calizas). El drenaje será principalmente superficial si bien puede existir algo de infiltración en los bancos calcáreos debido al diaclasado.

Esta formación es no ripable en su conjunto aunque los bancos margosos si lo sean.

Existen alto riesgo de desprendimientos de bloques en los niveles calcáreos provocado por la erosión diferencial. En general existen problemas de inestabilidad de laderas y escarpes naturales.

La capacidad de carga es moderada. Los asientos diferenciales que se produzcan serán pequeños.

AREA II

Incluye todas las formaciones correspondientes a los distintos glaciares de la hoja así como los materiales coluviales, de conos de deyección, derrames y fondos de valle.

Zona II₁

Está compuesta por gravas poligénicas, arenas, limos y arcillas de glaciares antiguos. Comprende las unidades cartográficas 17, 19 y 21.

Morfológicamente se disponen en planicies colgadas con suave pendiente.

Presenta un buen drenaje profundo.

Dificultad local para el ripado, debido a las costras de tipo travertínico, si bien éstos suelen ser inferiores a medio metro de potencia y, en consecuencia, podría conseguirse el ripado.

Zona II₂

Comprende los limos y arcillas con cantos, arenas y gravas de glaciares subactuales, coluviales, conos de deyección, derrames y fondos de valle. Esta zona engloba las unidades cartográficas 24, 25, 28, 29 y 31.

Son depósitos que se disponen con una cierta pendiente al pie de zonas elevadas.

Presenta un buen drenaje profundo y superficial. Todas las formaciones presentan alta permeabilidad.

Todo el conjunto es ripable.

La capacidad de carga es de moderada a baja debido a la incoherencia de los depósitos. Los asientos diferenciales serán medios.

Es importante el riesgo de aterramiento producido por los niveles de glacis antiguos y terrazas altas.

AREA III

Comprende todas las formaciones correspondientes a los distintos niveles de terrazas y a la llanura de inundación y áreas endorreicas presentes en el mapa.

Zona III₁

Está compuesta por las gravas poligénicas y arenas de las terrazas medias y altas del río Gállego. Comprende las unidades cartográficas 16, 18, 20, 22 y 27.

Morfológicamente se disponen en superficies horizontales colgadas sucesivamente encajadas.

Son formaciones permeables por porosidad intergranular. El drenaje en profundidad es bueno.

La capacidad de carga es moderada. El riesgo de asientos diferenciales será previsiblemente medio.

Presenta dificultad local para el ripado, debido a las costras de tipo travertínico.

El riesgo de aterramiento y de inundación varía de las terrazas altas a las medias. Las altas presentan bajo riesgo de aterramiento y de inundación, mientras que las medias presentan un alto riesgo de aterramientos procedentes de las altas y riesgo medio de inundación debido a la altura del nivel freático.

Zona III₂

Litológicamente compuesta por los limos y arcillas de la llanura de inundación del río Gállego y áreas endorreicas. Comprende las unidades cartográficas 23 y 26.

Su disposición es horizontal constituyendo las cotas relativas más bajas de la hoja.

Son terrenos permeables a semipermeables, sin embargo el nivel freático muchas veces lo inunda por lo que el drenaje tanto superficial como profundo no es bueno.

AREA	ZONA	UNIDAD CARTOG.	LITOLOGIA	ESTRUCTURA MORFOLOGIA	PERMEAB.	DRENAJE	CAPAC. DE CARGA	RIPABIL.	RIESGO GEOLOGICO						
									Erosión	Desprend. laderas escarpes	Aterram.	Disoluc. Hundim.	Inundac. nivel freático	Agresiv. cemento	Asientos diferenc.
I	I-1	1, 4, 7, 12	Yesos nodul. y estratíf. masivos con limos	Subhoriz. con ondulaciones. Abarrancamientos	I-P	I+P	M	NR	A	A	A	A	B	A	A
	I-2	2, 10 11	Margas, margocalizas, calizas margosas y yesos	Horizontal Escarpes Abarrancam.	I	I+E	M-B	NR	A-M	A-M	A-M	A-M	B	A	A
	I-3	3, 5, 6, 8, 9, 13, 14, 15	Margas, margocalizas y arenas	Horizontal Escarpes Abarrancam.	SP-I	I+E	M	R-NR	M-A	A	B	M	B	B	M-B
II	II-1	17, 19, 21	Gravas, arenas, limos y arcillas	Planicies con suave pendiente	Sp	I	M	R	B	B	B	B	B	B	M
	II-2	24, 25, 8, 29, 31	Limos, arcillas, cantos y arenas	Pendientes bajas a muy bajas	P-Sp	E+I	M-B	R	B	B	A-M	B	B	B	M
III	III-1	16, 18, 20, 22, 27	Gravas poligénicas y arenas de terrazas	Colgadas en superficies horizontales	P	I	M	R	B	B	A-B	B	M-B	B	M
	III-2	23, 26	Limos y arcillas	Horizontal. Cotas más bajas	P-Sp	E+I	B	R	A-M	B	B	B	A	M	M-A

Simbología: Permeabilidad: P, permeable; Sp, semipermeable; I, impermeable.
Drenaje: I, infiltración; E, escorrentía.
Capacidad de carga: A, alta; M, media; B, baja.
Ripabilidad: R, ripable; NR, no ripable.
Riesgo geológico: A, alto; M, medio; B, bajo.

Cuadro 2. Cuadro de características geotécnicas generales (Leciñena).

Su capacidad de carga es previsiblemente baja y los asientos diferenciales serán de medios a altos.

El grupo es ripable en su totalidad.

Existe riesgo de agresividad a los cementos debido a los iones sulfato que llevan disueltas las aguas que los inundan.

El riesgo de erosión será elevado debido principalmente a la divagación y crecidas del curso actual del río Gállego.

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

Las hojas de este sector central de la Cuenca del Ebro abarcan un amplio intervalo estratigráfico para los sedimentos terciarios (Aragoniense-Vallesiense) en la Sierra de Alcubierre. En esta hoja existe una gran abundancia de facies yesíferas y depósitos cuaternarios, sobre todo glaciares y terrazas, que proporcionan un carácter singular respecto a otras áreas de la propia cuenca. Se han seleccionado una serie de ocho puntos de interés por su contenido geomorfológico, tectónico, sedimentológico y geotécnico, atribuyéndoles una utilización científica y didáctica fundamentalmente.

Dado que quizá el aspecto más relevante de la zona sea la presencia de yesos con las formas halocinéticas y problemas geotécnicos que presentan, se han extraído dos P.I.G. que contemplan parte de la problemática de las facies evaporíticas de la Cuenca del Ebro.

Se ha acudido para la selección de los puntos de interés a un método directo de subjetividad compartida (CLAVER *et al.*, 1984).

P.I.G. nº 1.

Se trata de una estructura sinforme expresada al este de la localidad de Perdiguera en facies detrítico carbonatadas de la Unidad Alcubierre. Se ha atribuido a esta deformación un origen fundamentalmente diapírico generado por los yesos infrayacentes. Conviene destacar la proximidad de fracturas normales hectométricas de dirección NNE y con apreciable salto, así como fracturas de desplazamiento centimétrico en la misma dirección. Este hecho aboga probablemente en favor del origen tectónico de estas estructuras, ya que el eje sinclinal guarda una orientación similar. Sin embargo se piensa que una actividad halocinética posterior o quizá sincrónica se canalizó a través de estas direcciones, contribuyendo a la espectacularidad de estas deformaciones.

P.I.G. nº 2.

Consiste en una incisión lineal con una profundidad de casi 10 m en materiales yesíferos. La observación se ha realizado en el barranco de Santa Cruz, también al este de Perdiguera, y

da muestra de uno de los tipos característicos de disolución y erosión del conjunto yesífero de la Cuenca del Ebro en su sector central. Es común encontrar estas formas al pie de los relieves de Alcubierre en la cabecera de las vales y consiste en un fuerte encajamiento del efímero curso torrencial por disolución de la sal, formando paredes de hasta 20 m. Esta incisión desaparece progresivamente a veces de forma brusca, para dar valles de fondo plano o *vales* con depósitos de limos yesíferos y cantos.

7. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTÍ, J.; CABRERA, LI. 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.
- ALVAREZ-SIERRA, M.A.; DAAMS, R.; LACOMBA, J.I.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, N.; VAN DER MEULEN, A.J.; SESE, C. y DE VISSER, J. (1990). Paleontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligoceno-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta. Geologica.* 94: 75 pp.
- ANADÓN, P.; CABRERA, LI; COLOMBO, F.; MARZO, M. y RIBA, O. (1986). Syntectonic intradeformational unconformities in alluvial fan deposits, eastern Ebro basin margins (NE Spain). En: P. H. Allen and P. Homewood (eds.). Foreland basins. *Spec. Pub. Int. Ass. Sedim.*, 8: pp. 259-271.
- ANADÓN, P., VIANEY-LIAUD, M., CABRERA, LI. y HARTENBERGER, J.L. (1987). Gisements à vertébrés du paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie. *Paleontología i evolució*, 21, pp. 117-131.
- ARENAS, C; PARDO, G.; VILLENNA, 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, Comunicaciones*, pp. 71-74. Bilbao
- 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. *VII Reunión sobre el Cuaternario, AEQUA*, pp. 99-102. Santander
- CASAS, A.M. (1988). El estado de esfuerzos durante el Terciario en la Depresión de Arnedo (La Rioja). *Acta Geol. Hisp.* 23 (3), pp. 223-231.
- CLAVER, I., AGUILO, M., ARAMBURU, M.P., AYUSO, E., BLANCO, A., CALATAYUD, T., CEÑAL, M.A., CIFUENTES, P., ESCRIBANO, R., FRANCÉS, E., GLARIS, G., GONZÁLEZ, S., LACOMBA, E., MUÑOZ, C., ORTEGA, C., OTEROS, J., RAMOS, A. y SAIZ DE OMENACA, M.G. (1984). Guías para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. *Manuales CEOTMA*. nº 3, MOPU, 572 pp.
- CUENCA, G. (1991 a). Nuevos datos bioestratigráficos del sector oriental de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del grupo Español del Terciario, CONGET'91*. Vic, pp. 97-100.
- CUENCA, G. (1991 b). Nuevos datos bioestratigráficos del Mioceno del sector central de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del grupo Español del Terciario CONGET'91*. Vic, pp. 101-104.
- CUENCA, G.; AZANZA, B.; CANUDO, J.I. y FUERTES, V. (1989). Los micromamíferos del Mioceno inferior de Peñalba (Huesca). Implicaciones bioestratigráficas. *Geogaceta*, 6, pp. 75-77.

- CUENCA, G., CANUDO, J.I., LAPLANA, C. y ANDRÉS, J.A. (1992). Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geol. Hisp.*, v 27 (1-2), pp. 127-143.
- ENADIMSA (1984). Investigación de lignitos en el área de Mequinenza (Zaragoza, Huesca, Lérida) (inédito).
- ENRESA (1989). Estudio de las formaciones favorables de la región del Ebro y Pirineo 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.
- FRUTOS, L.M. (1968). Los glacis del campo de Zaragoza. *XXI Congr. Int. Geogr. India. Aportación española. Patronato "Alfonso de Herrera". C.S.I.C.*, pp. 423-429. Madrid.
- 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), 109-123.
- GRACIA, J. 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.
- GRACIA, J.; GUTIÉRREZ ELORZA, M. y SANCHO MARCEN, C. (1985). Las etapas terminales del Neógeno-Cuaternario de la Depresión del Ebro en la Plana Negra (provs. de Zaragoza y Navarra). Consideraciones morfogenéticas. *Actas de la I Reuniao do Quaternario Iberico. Lisboa*, pp. 367-379.
- IGME (1975). Estudio geológico y minero del área lignitífera de Calaf (inédito).
- IGME (1975). Proyecto de investigación de radioactivos del área lignitífera y uranífera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1976). Área lignitífera y uranífera 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).
- JEN. (1977). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- JEN. (1977). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferas de la zona de Solsona-Olot (inédito).
- JEN. (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).
- 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.
- QUIRANTES, J. (1969). *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros*. Tesis Doctoral. Univ. Granada. *Institución "Fernando El Católico" (CSIC)*. Diputación Provincial de Zaragoza, 1978. 200 pp.
- RIBA, O. (1955). El Terciario continental de la Rioja alta y de la Bureba. Informe nº 97, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1961). Geological Report on the Continental Tertiary of the Western Ebro Basin and Neighbouring Basins. Report CV-131, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1976). Tectogenèse et sédimentation: deux modèles de discordances syntectoniques pyrénéennes. *Bulletin du B.R.G.M. (2ª Serie)*. Section 1, nº 4. pp. 383-401.
- RIBA, O.; REGUANT, S. y VILLENA, J. (1983). Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca terciaria del Ebro. *Libro Jubilar J.Mª Ríos. Geología de España. IGME. T. 2*, pp. 131-159.
- RODRÍGUEZ, J. y VILCHEZ, J. (1984). "Precisiones cronológicas sobre las terrazas inferiores del río Ebro en Zaragoza". *I Congreso Español de Geología*. Tomo I, pp. 553-559. Segovia.
- SIMÓN, J.L.; GIL PEÑA, I. y CASAS, A. (1989). La fracturación distensiva cuaternaria en el sector occidental de la Cuenca del Ebro. *II Reunión Cuaternario Ibérico. Resúmenes*, p. 56. Madrid.
- SIMÓN, J.L. y PARICIO, J. (1988). Sobre la compresión neógena en la Cordillera Ibérica. *Estudios Geológicos*, 44, pp. 271-283.
- SIMÓN, J.L. (1989). Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin (Spain). *Journal of Structural Geology*, vol. 11 nº 3, pp. 285-294.

SORIANO, M.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

ZUIDAM, R.A. van (1976). Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain. *Int. Inst. of Aerial Survey and Earth Sc. (ITC), Enschede*, 211 p.