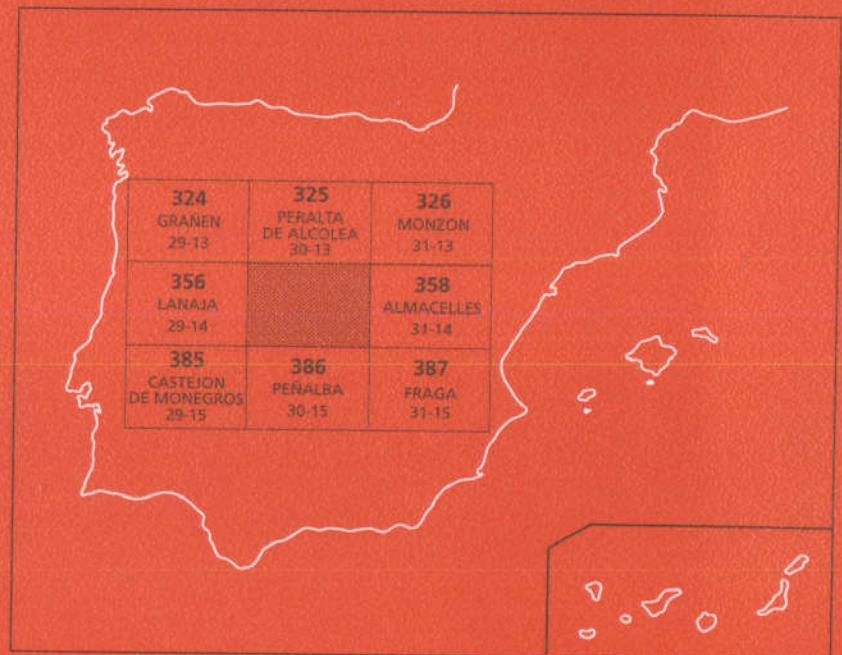




## MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie - Primera edición



# SARIÑENA



# **MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA**

**Escala 1:50.000**

**SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA**

# **SARIÑENA**

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Sariñena (357) han sido realizados, durante 1990 por la Compañía General de Sondeos S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

**Mapa Geológico:** A. Hernández Samaniego (CGS)

**Mapa Geomorfológico:** A. Salazar (CGS)

**Memoria\*:**

Estratigrafía: A. Hernández Samaniego y A. del Olmo (CGS)

Geomorfología: A. Salazar (CGS)

Tectónica: J. J. Navarro (CGS)

Neotectónica: J. L. Simón (Univ. Zaragoza) y J.J. Navarro (CGS)

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

Geología Económica: A. García Villar (CGS)

Geotecnia: A. Hernández Samaniego (CGS)

Han colaborado en aspectos parciales:

Asesoramiento regional: F. Colombo (Univ. Barcelona)

Sedimentología de laboratorio: A. del Olmo (CGS)

Secciones estratigráficas: A. Hernández Samaniego (CGS)

Micropaleontología: J. Ramírez del Pozo

Micromamíferos: G. Cuenca (Univ. Zaragoza)

Puntos de interés geológico: C. Soriano (CGS)

**Dirección del Estudio:** A. Barnolas (ITGE) 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 TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M. 2.119 - 1998

ISBN: 84-7840-316-7

NIPO: 241-96-007-6

Fotocomposición: Diseño Gráfico AM 2000, S. L.

Impresión: Master's Gráfico, S. A.

## ÍNDICE

|  | <i>Páginas</i> |
|--|----------------|
| 0. INTRODUCCIÓN .....  | 7              |
| 1. ESTRATIGRAFÍA .....   | 8              |
| 1.1. Terciario .....   | 11             |
| 1.1.1. Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca.....  | 11             |
| 1.1.1.1. Areniscas, limolitas y margas (1). Ageniense .....  | 11             |
| 1.1.1.2. Margas, calizas, limos y areniscas (2). Ageniense .....   | 14             |
| 1.1.2. Unidad Galocha-Ontiñena.....  | 14             |
| 1.1.2.1. Areniscas y limos amarillentos y rojizos (3). Ageniense .....   | 15             |
| 1.1.2.2. Calizas, margas y arcillas (4). Ageniense (2) .....   | 17             |
| 1.1.3. Unidad Bujaraloz-Sariñena .....   | 18             |
| 1.1.3.1. Areniscas en bancos potentes y limolitas rojizas y amarillentas (5). Ageniense-Aragoniente .....  | 20             |
| 1.1.3.2. Margas, limos rojizos y niveles de caliza (6). Ageniense-Aragoniente .....  | 21             |
| 1.1.4. Unidad Remolinos-Lanaja .....   | 21             |
| 1.1.4.1. Calizas y margas (7). Aragoniente .....   | 22             |
| 1.2. Cuaternario .....   | 22             |
| 1.2.1. Pleistoceno.....  | 22             |
| 1.2.1.1. Conglomerados de cantos y gravas calcáreas, costras calcáreas a techo. Depósitos aluviales y fluviales del Piedemonte Pirenaico (8). Pleistoceno inferior ..... | 24             |
| 1.2.1.2. Bloques, cantos, gravas, arenas, limos y arcillas. Terrazas (9, 10, 11, 12, 13, 14). Pleistoceno .....  | 24             |

|   | <i>Páginas</i> |
|---|----------------|
| 1.2.1.3. Costras calcáreas (15). Pleistoceno .....  | 25             |
| 1.2.1.4. Cantos, gravas, arenas, limos y arcillas. Glacis procedentes de<br>terrazas superiores (16). Gravas calcáreas, arenas, limos y ar-<br>cillas. Glacis de Alcubierre (17). Pleistoceno.....  | 25             |
| 1.2.2. Holoceno .....   | 26             |
| 1.2.2.1. Bloques, cantos y gravas. Barras y depósitos de canal (18).<br>Limos, arenas y arcillas. Llanura de inundación (19). Arenas,<br>limos, arcillas y gravas. Fondos de valles (20). Holoceno.....   | 26             |
| 1.2.2.2. Limos, arcillas, arenas y gravas. Depósitos aluvial-coluvial y re-<br>llenos de "vales" (21). Arcillas y limos. Depósitos endorreicos<br>(22). Limos, arcillas, arenas y gravas. Coluviones y depósitos<br>de ladera (23). Limos, arcillas, arenas y gravas. Conos de de-<br>yección (24). Arcillas, limos, arenas y gravas. Depósitos de gla-<br>cis subactual (25). Limos, arcillas, arenas y gravas. Cuaternario<br>indiferenciado (26). Holoceno ..... | 26             |
| 2. TECTONICA .....  | 27             |
| 2.1. Marco tectónico regional .....   | 27             |
| 2.2. Descripción de la estructura .....   | 27             |
| 2.3. Evolución tectónica .....  | 28             |
| 2.4. Neotectónica .....   | 29             |
| 3. GEOMORFOLOGIA .....  | 29             |
| 3.1. Descripción fisiográfica .....   | 29             |
| 3.2. Análisis geomorfológico .....  | 30             |
| 3.2.1. Estudio morfoestructural .....   | 30             |
| 3.2.2. Estudio del modelado .....   | 30             |
| 3.2.2.1. Laderas .....  | 30             |
| 3.2.2.2. Formas fluviales .....   | 31             |
| 3.2.2.3. Formas endorreicas .....   | 33             |
| 3.2.2.4. Formas poligénicas .....   | 33             |
| 3.3. Formaciones superficiales .....  | 35             |
| 3.4. La evolución dinámica .....  | 35             |
| 3.5. Morfología actual-subactual y tendencias futuras .....   | 37             |
| 4. HISTORIA GEOLOGICA .....   | 37             |
| 5. GEOLOGIA ECONOMICA .....   | 39             |
| 5.1. Recursos minerales .....   | 39             |
| 5.1.1. Rocas industriales .....   | 40             |
| 5.2. Hidrogeología .....  | 41             |

|   | <i>Páginas</i> |
|---|----------------|
| 5.2.1. Hidrología .....   | 41             |
| 5.2.2. Características hidrogeológicas .....                            | 42             |
| 5.3. Características geotécnicas generales .....                        | 43             |
| 6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.) . | 47             |
| 7. BIBLIOGRAFIA .....   | 48             |

## 0. INTRODUCCIÓN

La Hoja de Sariñena está situada en el sector central de la Cuenca del Ebro, y pertenece administrativamente a la provincia de Huesca.

Orográficamente la zona presenta altitudes medias, comprendidas entre los 160 m en la confluencia de los valles de los ríos Cinca y Alcanadre (esquina SE de la hoja), y los 480 m en las estribaciones de la Sierra de Alcubierre (al sur de Sena). El relieve, por tanto, es moderado.

Hidrográficamente la hoja de Sariñena es tributaria del río Ebro, a través de los ríos Flumen, Alcanadre y Cinca, que constituyen los principales drenajes de la zona.

El clima de la región es mediterráneo de carácter continental, con marcadas oscilaciones térmicas anuales. Las nieblas son frecuentes en invierno, las precipitaciones son escasas y con carácter estacional. En verano la insolación es muy intensa.

La economía de la zona es principalmente agrícola, basada en los cultivos de cereales de secano y de productos hortifrutícolas en las vegas de los ríos Flumen, Alcanadre y Cinca. En la actualidad, hay zonas entre Sariñena, Castelflorite y Estiche, en las que se están instalando cultivos de regadío. Existen también explotaciones ganaderas de ovino y vacuno. Algunas industrias del sector secundario se localizan en las poblaciones principales.

La densidad de población es de baja a moderada, distribuyéndose la misma de forma dispersa en numerosos pueblos de reducido tamaño. Los principales núcleos urbanos son Sariñena y Alcolea del Cinca.

Geológicamente la región se sitúa en la zona central de la Cuenca del Ebro.

Los materiales que afloran en la hoja son de origen continental, pertenecientes a los sistemas Terciario y Cuaternario. Estos sedimentos proceden del desmantelamiento de las Cordilleras circundantes: el Pirineo al norte, la Cordillera Ibérica al SO y los Catalánides al SE.

La edad de los depósitos terciarios en la hoja de Sariñena, está comprendida entre el Mioceno basal y el Mioceno medio.

La estructura geológica es muy sencilla, los materiales terciarios tienen una disposición subhorizontal o se encuentran suavemente inclinados hacia el sur.

Morfológicamente el modelado de la región está condicionado por los ríos de procedencia pirenaica y los procesos ligados a las condiciones morfoclimáticas de la Cuenca del Ebro, configurando un relieve en mesas y graderíos.

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

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

Para la realización de la hoja de Sariñena, además de las técnicas habituales: levantamiento de perfiles estratigráficos, estudios sedimentológicos, tectónicos y geomorfológicos, se ha hecho un muestreo en las facies más favorables para la presencia de micromamíferos, con el fin de datar las unidades cartográficas.

## 1. ESTRATIGRAFIA

En la hoja de Sariñena afloran parte de los materiales miocenos que colmatan la parte central de la Cuenca del Ebro.

En los materiales terciarios de la hoja de Sariñena pueden distinguirse tres principales dominios litológicos: 1) el sector noroccidental, básicamente constituido por materiales terrígenos: areniscas y limolitas; 2) el sector suroriental, compuesto fundamentalmente por mate-

riales terrígenos areniscas, arcillas y limos, entre los que se intercalan niveles de calizas y margas y 3) el borde sur-occidental, en donde se sitúan las primeras estribaciones de la Sierra de Alcubierre, que se caracteriza por una alternancia de margas y calizas.

Atendiendo a esta distribución litológica, puede observarse en la hoja una evolución de facies, continua y gradual, que tiene lugar en sentido preferente noroeste-sureste. Este cambio de facies consiste en el paso gradual entre las facies terrígeno-aluviales, de los sectores septentrional y occidental, a las facies lacustre-palustres, que se desarrollan en los sectores meridional y oriental del área cartografiada. Esta distribución de las facies, se explica por la disposición paleogeográfica del abanico aluvial de Huesca (HIRST y NICHOLS, 1986), cuyo eje se dispone según una dirección NE-SO y, por lo tanto, los cambios de facies se realizan alrededor de este eje.

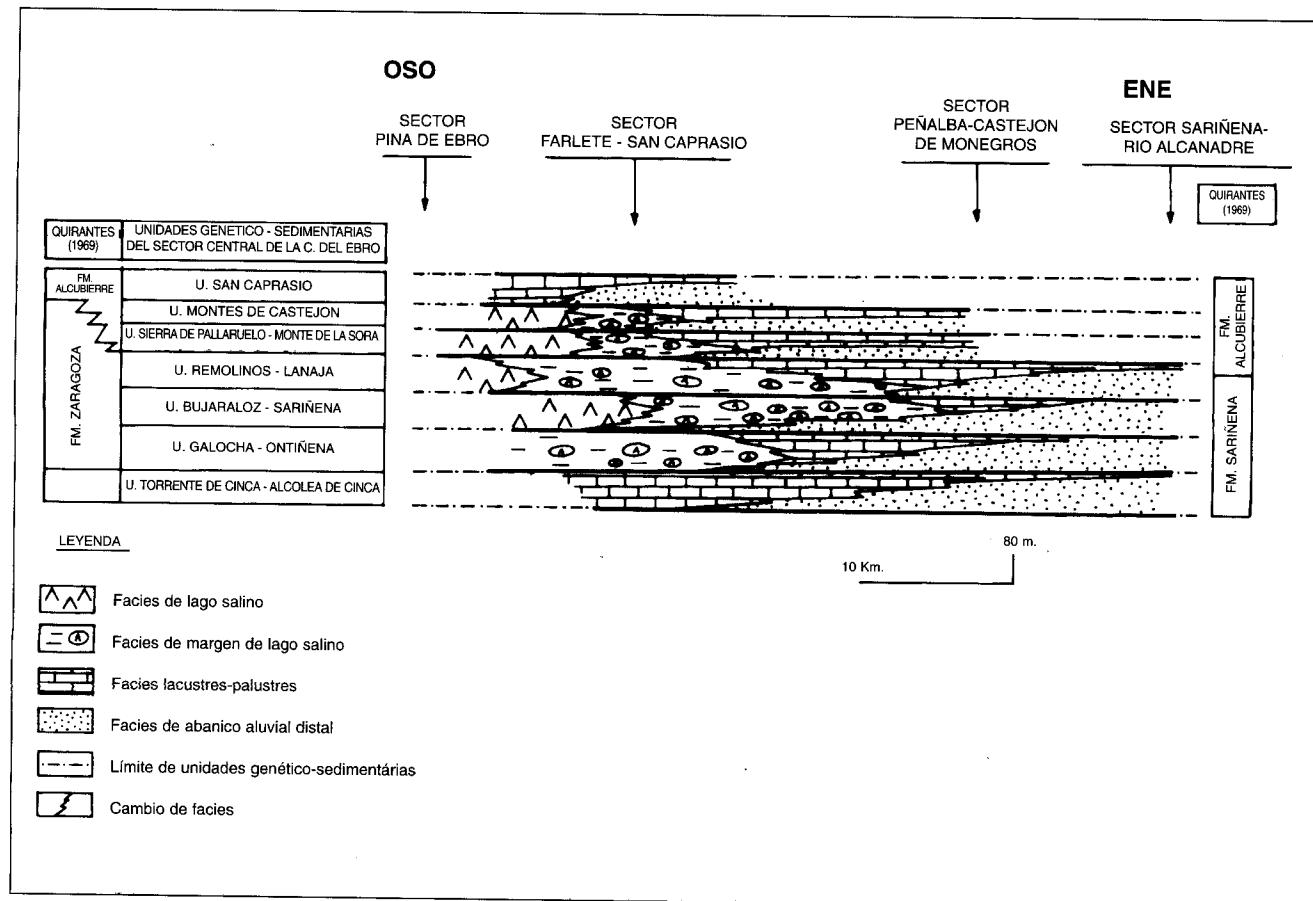
Los materiales aluviales del sector septentrional de la hoja, corresponden a la parte basal de la serie miocena. En realidad consisten en una alternancia de facies pelítico-areniscosas y facies dominanteamente pelíticas. Esta alternancia rítmica se repite tres veces en la sucesión estratigráfica. Cada ritmo está constituido en su base por facies aluviales pelítico-arenosas y en el techo, por facies pelíticas, de origen aluvial y palustre. En la parte superior de la serie estratigráfica, se encuentran facies carbonáticas depositadas en condiciones lacustre-palustres correspondientes a un cuarto ritmo. El límite inferior de cada ritmo es un cambio rápido de facies, mientras que el tránsito de los sedimentos aluviales proximales basales a los superiores aluviales-distales dentro del propio ritmo, se produce de forma gradual.

En la hoja de Sariñena se han reconocido cuatro de estos ritmos, que se han denominado "unidades genético-sedimentarias". Estas unidades se extienden a lo largo de decenas de kilómetros en áreas próximas y presentan espesores que oscilan entre las varias decenas a más de un centenar de metros. La correlación de los límites de estas unidades hacia el sur, oeste y sureste ha permitido diferenciarlas también en las áreas de centro de cuenca, dominadas por depósitos lacustres carbonáticos y salinos.

Desde este punto de vista, se han diferenciado en el sector central de la Cuenca del Ebro un total de veinte unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendida entre el Priabonense superior y el Aragoniense-Vallesiense, de las cuales sólo cuatro afloran en la hoja de Sariñena con una edad Mioceno inferior. Estas unidades reciben, de base a techo, los nombre de: Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, Unidad Galocha-Ontiñena, Unidad Bujaraloz-Sariñena y Unidad Remolinos-Lanaja.

De la unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca afloran únicamente los tramos superiores, mientras que de la unidad Remolinos-Lanaja solo aflora la parte basal. Las unidades de Galocha-Ontiñena y Bujaraloz-Sariñena son las que afloran en un área más extensa y en las que existe una gama más amplia de facies, siendo en la unidad de Galocha-Ontiñena en la que se observa mejor la evolución desde las facies más proximales hasta las más distales.

En la Figura 1 se puede observar la evolución espacial y temporal de estas unidades genético-sedimentarias en el sector de Los Monegros, mientras que en la Figura 2, se representa el ensayo de correlación de las mismas con las unidades tecto-sedimentarias definidas por PEREZ *et al.* (1988b) y por ARENAS y PARDO (1991).



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

Los depósitos cuaternarios, dentro de la hoja, ocupan una gran extensión, siendo los glaciares pleistocenos y las terrazas de los ríos Alcanadre y Cinca, las formaciones superficiales que afloran más extensamente.

## 1.1. TERCARIO

### 1.1.1. Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca

Esta unidad, dentro del área cartografiada, está constituida fundamentalmente por facies terriágenas de origen aluvial procedentes del Pirineo y que forman parte del Sistema de Huesca (*sensu* HIRST y NICHOLS, 1986). Hacia el sur, la serie se hace progresivamente más lutítica, intercalando niveles carbonatados, más abundantes hacia la parte superior. En el área ocupada por las hojas de Peñalba (386), Fraga (387) y Bujaraloz (414), las facies aluviales quedan solapadas por facies carbonáticas de origen lacustre-palustre, que constituyen el techo de la unidad. (Ver figura 3). Hacia el oeste de la zona que nos ocupa (hojas de Remolinos-322 y Zuera-323) esta misma unidad aflora en facies evaporíticas, no pudiéndose observar el tránsito entre unas facies y otras por quedar una franja intermedia, en la zona de Leciñena, Castejón de Monegros y Fuentes de Ebro, sin afloramientos.

En el ámbito de la hoja se ha podido determinar la edad de estos materiales por la existencia del yacimiento de micromamíferos de Ontiñena (biozona 1 de Mein), localizado a techo de la unidad y que permite atribuirle una edad Ageniense.

Esta unidad genético-sedimentaria, dentro del área de estudio, presenta dos unidades cartográficas.

#### 1.1.1.1. Areniscas, limolitas y margas (1). Ageniense

Afloran en el borde oriental de la hoja, a lo largo de los márgenes del río Cinca, entre las localidades de Estiche y Alcolea del Cinca. En la zona norte aflora hasta la cota 240 m y en la zona sur hasta la 200, por lo que esta unidad presenta un suave buzamiento hacia el sur.

Esta unidad se ha estudiado en la sección del barranco de La Clara, al sur de Alcolea del Cinca, donde se han medido los 12 m del techo de la sucesión, la base no aflora en el ámbito de la hoja. Está constituida por margas y arcillas pardas y amarillentas con capas de 15 a 20 cm de areniscas verdosas de grano medio a fino, con micas; por encima alternan limolitas arenosas rojizas y areniscas verdosas, de grano medio con micas.

Al microscopio las areniscas son litarcosas y litarenitas feldespáticas (cuarzo 12-25%; F. potásico 4-8%; F. cálcico-sódico 7-25%, y como accesorios la biotita y la moscovita son los más frecuentes). Los feldespatos y las biotitas están parcialmente alteradas a óxidos de hierro y arcilla.

Estos materiales se distribuyen en secuencias de 0,5 a 1,5 m de potencia, de carácter negativo. Los cuerpos arenosos presentan la base ligeramente canalizada y escasa continuidad.

| EDAD       |       | BIOZONAS<br>MEIN | UTS. PEREZ<br><i>et al.</i> (1988) | UNIDADES MAGNA - EBRO                                     | YACIMIENTOS MICROMAMIFEROS<br>ESTUDIADOS EN EL MAGNA EBRO | OTROS YACIMIENTOS DE MAMIFEROS<br>CUENCA DEL EBRO              |  |
|------------|-------|------------------|------------------------------------|---|---|--|--|
| MED.       | MN-3b | N1               | U. REMOLINOS-LANAJA                | YACIMIENTOS MICROMAMIFEROS<br>ESTUDIADOS EN EL MAGNA EBRO | - Marga 3   | OTROS YACIMIENTOS DE MAMIFEROS<br>CUENCA DEL EBRO              |  |
|            | MN-3a |                  |                                    | U. BUJARALOZ SARIÑENA                                     | - Peñalba   |  |  |
|            | MN-2b |                  |                                    |   | - Campos del Abuelo                                       |  |  |
|            | MN-2a | T-4              | U. GALOCHA-ONTIÑENA                |   | - Chalamera 1   | OTROS YACIMIENTOS DE MAMIFEROS<br>CUENCA DEL EBRO              |  |
|            | MN-1  |                  |                                    |   | - Ontiñena 1  |  |  |
| AGENIENSE  |       |                  |                                    |   | - Clara 1   |  |  |
| CHATTIENSE |       |                  |                                    | U. TORRENTE DE CINCA-<br>ALCOLEA DE CINCA                 |   | - • Galocha (1), (3)<br>• San Juan<br>- Autol, Santa Cilia (3) |  |

(1) AZANZA, com. pers.

(2) CUENCA, *et al.* (1990)

(3) ALVAREZ SIERRA, *et al.* (1990)

(4) PEREZ *et al.* (1989)

**Fig. 2. Ensayo de correlación de las unidades genético-sedimentarias diferenciadas en la hoja  
y las unidades tectosedimentarias de Pérez *et al.* (1988)**

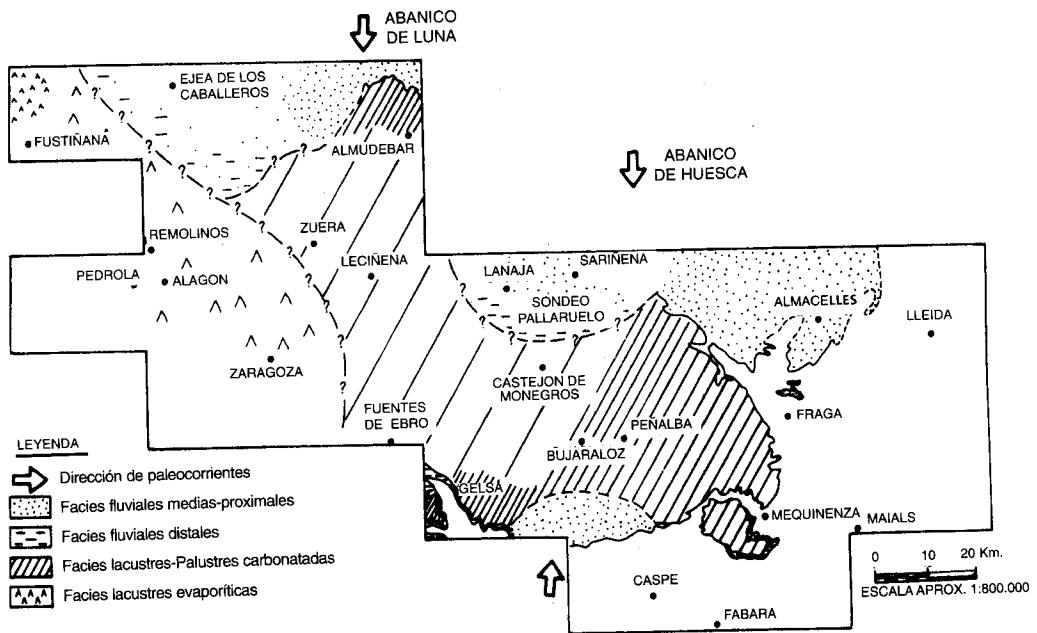


Fig. 3. Esquema de distribución regional de facies de la unidad genético-sedimentaria de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca

lateral. Las estructuras sedimentarias se reducen a laminaciones paralelas y de *ripple*. Son frecuentes las costras ferruginosas y los paleosuelos.

Estos depósitos corresponden a facies distales de abanicos aluviales (llanuras lutíticas).

Los levigados han proporcionado *Chara microcera* GRAMB y PAUL y *Candonia* sp..

Por consideraciones regionales se asigna a esta unidad una edad Chattiene-Ageniense.

#### 1.1.1.2. Margas, calizas, limos y areniscas (2). Ageniense

Esta unidad aflora en la esquina SE de la hoja, en la zona de confluencia de los ríos Alcanadre y Cinca. Se apoya directamente encima de unidad (1) descrita en el apartado anterior, con la que muestra relaciones de cambio lateral de facies.

Se ha reconocido, asimismo, en la sección del Barranco de La Clara, donde afloran 18 m de margas amarillentas y rojizas, ocasionalmente negruzcas, con intercalaciones de limos, arenas y calizas, por lo general oscuras, con restos de gasterópodos. La potencia de los niveles de calizas oscila entre 10 y 30 cm, localmente pueden alcanzar 70 cm.

Las areniscas son verdosas, de grano fino, y por lo general corresponden a capas plano paralelas, de 20 a 30 cm de potencia, ocasionalmente corresponden a canales de poca extensión lateral. Algunos niveles arenosos contienen mineralizaciones de malaquita.

No se observan estructuras sedimentarias, salvo *ripples* en los niveles arenosos y bioturbación de baja a moderada en los carbonatos. También son frecuentes las costras ferruginosas y los paleosuelos.

Petrográficamente las areniscas son litarenitas feldespáticas y las calizas son biomicritas con ostrácodos, calcificaciones algales y restos de gasterópodos.

Estos depósitos corresponden a depósitos de llanura de inundación.

Los levigados han proporcionado la siguiente asociación: *Chara microcera* GRAMB y PAUL, *Nitellopsis (Tectochara) meriani* (L. y N. GRAMB), *Hornichara* cf. *lagenalis* (STRAUB) HUANG y XU, *Chara* cf. *molassica* STRAUB.

En los niveles de margas negruzcas muestradas para micromamíferos se han identificado restos fósiles que corresponden a la biozona 1 de Mein (yacimiento de Ontiñena), lo que nos permite atribuir a esta unidad una edad Ageniense.

#### 1.1.2. Unidad Galocha-Ontiñena

Esta unidad está constituida fundamentalmente dentro del área cartografiada por facies terrígenas de origen aluvial, procedentes del Pirineo y que forman parte del Sistema de

Huesca (*sensu* HIRST y NICHOLS, 1986). En la parte sur de la hoja, las facies aluviales están solapadas por facies carbonáticas de origen lacustre-palustre, que constituyen el techo de la unidad. Hacia el área comprendida en las hojas de Peñalba (386), Fraga (387), Mequinenza (415) y la parte oriental de la hoja de Bujaraloz (414), está formada por facies aluviales dis tales (lutíticas), en las que se intercalan diferentes niveles carbonatados en la parte superior. En el sector meridional de la Cuenca, ha sido reconocida en las hojas de Caspe (442), de Bujaraloz (parte sur) (414) y de Gelsa (413). En este área, está formada en la base por sedimentos aluviales, procedentes de la cordillera Ibérica y en el techo, por carbonatos de origen lacustre-palustre (ver figura 4). Estos materiales, hacia el territorio ubicado en la zona central de la hoja de Bujaraloz, en el de la parte septentrional de la hoja de Gelsa y en el de la parte meridional de la hoja de Castejón de Monegros (385), pasan progresivamente a facies evaporíticas (Fig. 4).

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

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

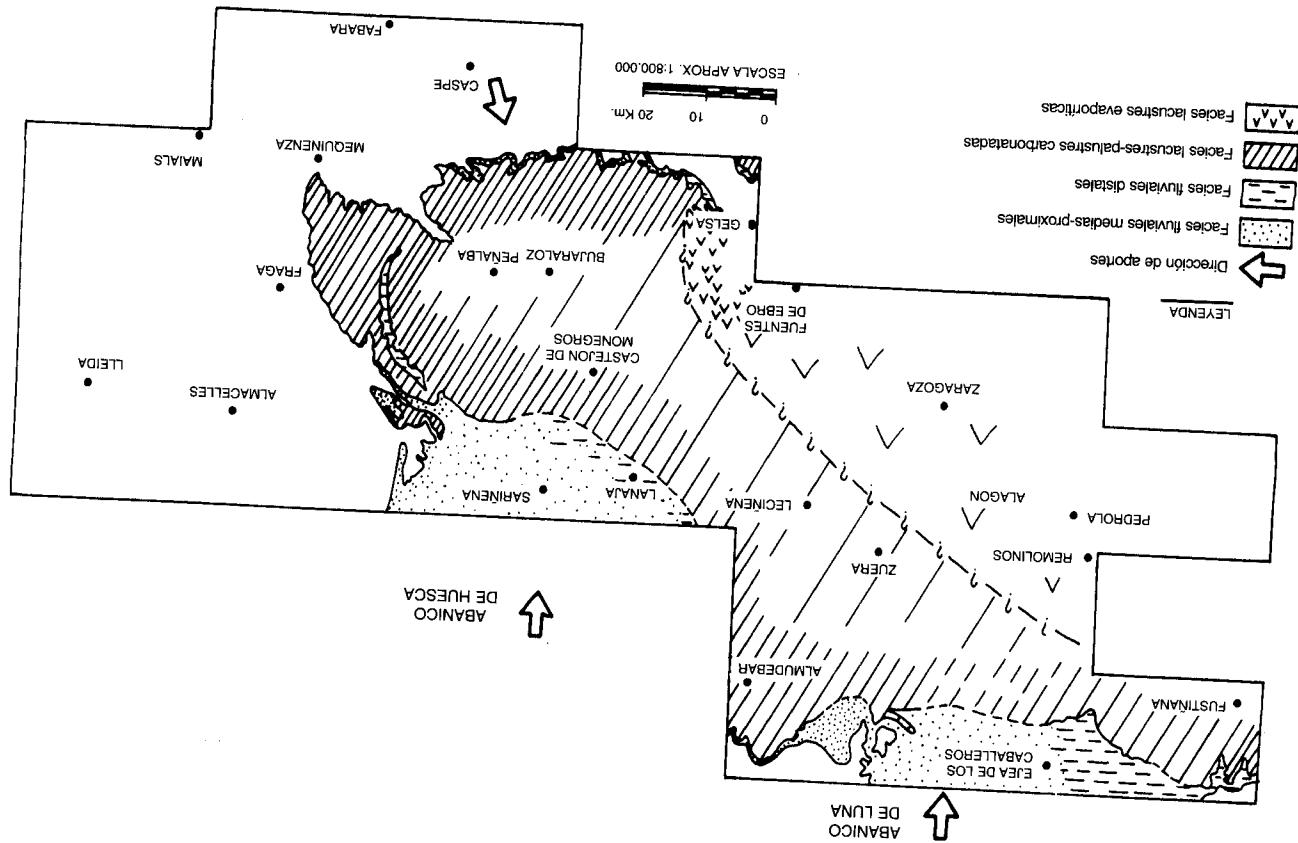
Esta unidad genético-sedimentaria, dentro del área de estudio, presenta dos unidades cartográficas.

#### 1.1.2.1. Areniscas y limos amarillentos y rojizos (3). Ageniense

Esta unidad cartográfica se extiende con gran amplitud en los dos tercios septentrionales de la hoja. Se apoya sobre las unidades (1) y (2) descritas en los apartados anteriores.

En términos generales se puede decir que en la base de la unidad y hacia el norte, predominan los tramos detriticos, distribuidos en canales de hasta 3 m de potencia, mientras que hacia el sur y hacia el techo de la unidad predominan los tramos lutíticos, rojizos y amarillentos, con intercalaciones de margas grises y localmente alguna capa de caliza arenosa, paleosuelos, etc., pasando las areniscas en estos tramos a ser accesorias. Es importante destacar que los primeros canales, los más inferiores, en contacto con las unidades (1) y (2) son gipsarenitas, carácter que pierden hacia el techo de la sucesión.

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



Esta unidad se ha reconocido en las secciones 02 - Carretera de Alcolea del Cinca y 03 - Sena, donde aflora con 50 m y 60 m, respectivamente. Está constituida por una alternancia de areniscas grises de grano medio a fino, en capas desde escasos centímetros a canales de 2,5 m de potencia y lutitas rojizas y amarillentas.

Los cuerpos de arenisca se organizan en secuencias positivas, con base erosiva y escasa continuidad lateral; las estructuras sedimentarias más frecuentes son estratificaciones cruzadas de surco y planares, así como *ripples* de corriente en el techo de las secuencias. Algunos ciclos poseen cantos blandos cerca de la base. La mayoría de los cuerpos canalizados contienen estructuras de acreción lateral.

Corresponden al relleno de paleocanales de ríos meandriformes (*point-bars*).

Petrográficamente, las areniscas en la base de la unidad son litarenitas feldespáticas, mientras que hacia el techo predominan las litarcosas.

Por consideraciones regionales, se asigna a esta unidad una edad Ageniense.

#### 1.1.2.2. Calizas, margas y arcillas (4). Ageniense

La presente unidad aflora con cierta extensión y potencia en los parajes de las Vianas, con 110 m. Está relacionada, por cambio lateral de facies con la unidad (3), descrita en el apartado anterior, por pérdida progresiva del porcentaje en areniscas, a la vez que aumenta la proporción de carbonatos en la serie.

En la esquina SE de la hoja, donde las calizas de la unidad 2 y las calizas de la unidad 4 alcanzan su mayor desarrollo, siempre se encuentra entre ambas una cuña detrítica, formada por canales, como puede verse en las afueras de la localidad de Ontiñena.

Se ha estudiado en las secciones 02 - Carretera de Alcolea del Cinca, 03 - Sena y en la 04 - Casa de Tisaire. En Sena afloran 25 m de arcillas y margas amarillentas, rojizas y grises, por lo general edafizadas, con niveles de hasta 1,5 m de calizas y calizas arenosas grises y blanquecinas. Estos niveles carbonatados forman tablas de gran extensión lateral y contienen abundantes restos de gasterópodos.

Las estructuras son poco frecuentes, reduciéndose a *ripples* y bioturbación moderada. Se interpretan como depósitos de calizas lacustre-palustre.

Al microscopio son biomicritas con gasterópodos, ostrácodos, restos de charófitas y dientes de peces.

El contenido faunístico de los levigados es: *Chara notata* GRAMB y PAUL, *Stephanochara berdotensis* FREIST y RINGEADE, *Sphanochara cf. inconspicua* (AL. BRAUN EX UNGER) y FREIST-CASTEL, *Cypridopsis kinkelini* LIENENKL, y restos de Gasterópodos (*Planorbis* y *Corbicula*).

Aunque la fauna no es determinativa, se le puede asignar a la presente unidad una edad Ageniense, por consideraciones regionales.

### 1.1.3. Unidad Bujaraloz-Sariñena

Esta unidad genético-sedimentaria aflora extensamente en todo el ámbito de la hoja. En el sector septentrional, está constituida por una alternancia de paleocanales de areniscas y de tal, estos materiales están coronados por niveles carbonáticos, de origen lacustre-palustre.

La potencia de la Unidad Bujaraloz-Sariñena dentro del territorio comprendido en la hoja, oscila entre los 80 y 105 m. Ha sido reconocida en las secciones estratigráficas de Sena (03), Casa de Tisaire (04) y Montija (05).

EL límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria, se pone de manifiesto a través del contacto existente entre las facies fundamentalmente pelíticas y carbonatadas, que caracterizan la parte superior de la Unidad Galocha-Ontiñena y las facies terrígenas, con abundantes paleocanales de arenisca de la base de la Unidad Bujaraloz-Sariñena. A través de la realización de las cartografías de las hojas próximas a la de Sariñena, se ha constatado que este contacto tiene una relevancia, a nivel de toda la cuenca y, por lo tanto, refleja la existencia de una reactivación de los sistemas deposicionales aluviales, durante el período en el cual tuvo lugar la sedimentación de la parte basal de esta unidad. Así en el sector comprendido por las hojas de Lanaja (356), Sariñena (357) y Peñalba (386) presenta, en la base, facies fluvio-aluviales, procedentes del Pirineo, que forman parte del Sistema de Huesca, definido por HIRST y NICHOLS (1986) y, en el techo, facies carbonáticas de origen lacustre-palustre (HERNANDEZ et al., 1991) (ver figura 5). Estas facies, hacia las áreas comprendidas en las hojas de Zuera (323) y Almudevar (285) y en las de Castejón de Monegros (385), Bujaraloz (414) y Gelsa (413), situadas respecto a las anteriores, hacia el NO y hacia el SO, pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y a facies de lago salino (HERNANDEZ et al. cit.). También ha sido caracterizada en los sectores de Fustiñana (283), Ejea de los Caballeros (284) y Remolinos (322), donde, a grandes rasgos, en el norte de estas áreas, en la base está formada por facies aluviales, pertenecientes al Sistema de Luna (*sensu* HIRST y NICHOLS, 1986) y, en el techo, por facies de origen lacustre-palustre. De la misma forma, hacia el sur y hacia el este, pasan a facies evaporíticas de margen de lago salino y de lago salino.

Según los estudios paleontológicos, realizados en la vecina hoja de Peñalba (386) por AZAN-Ageniense (1988) y por CUENCA et al. (1989), la parte inferior de esta unidad tiene una edad identifican *Ritteneria manca* en las calizas de Valdeladrones (ver hojas de Peñalba y de Bujaraloz), las cuales se sitúan en la parte intermedia de esta unidad. Dicha especie, caracteriza la biozona 2b de MEIN (1975), que representa la parte superior del Ageniense.

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

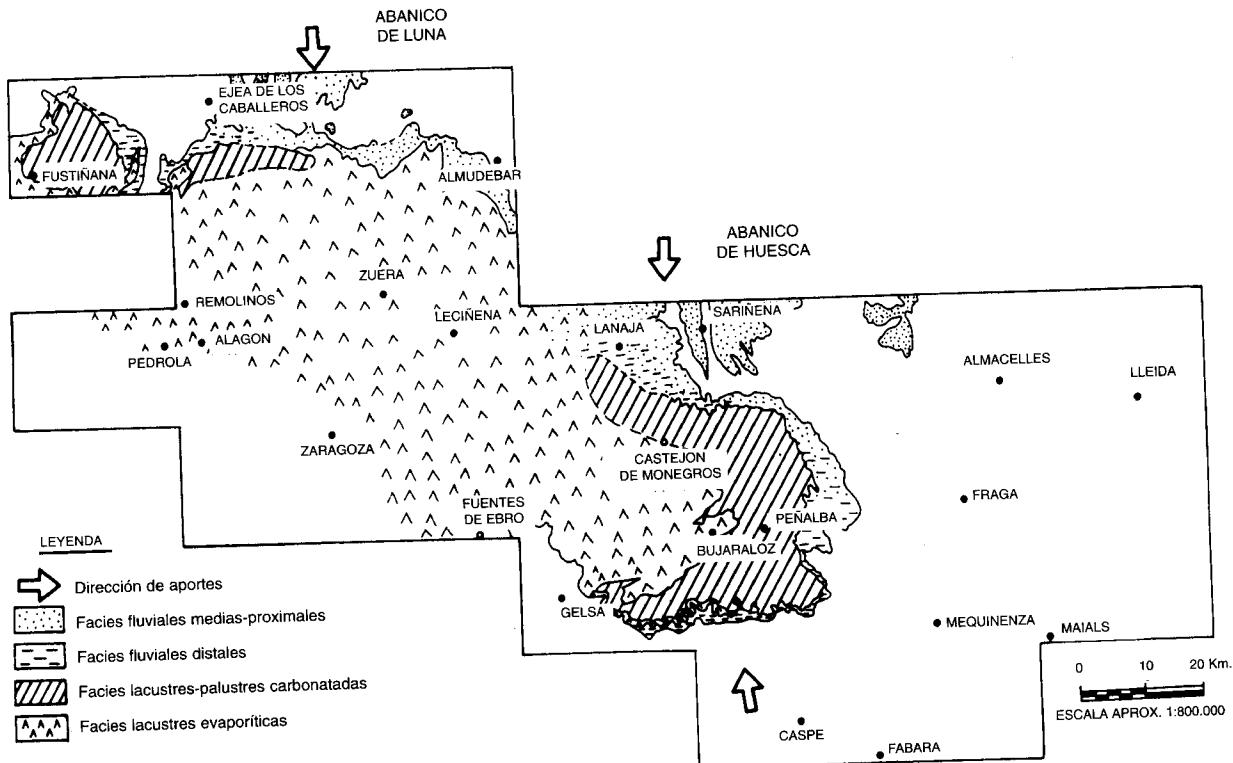


Fig. 5. Esquema de distribución regional de facies de la unidad genético-sedimentaria de Bujaraloz-Sariñena

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

#### 1.1.3.1. Areniscas en bancos potentes y limolitas rojizas y amarillentas (5). Ageniense-Aragoníense

Esta unidad se extiende ampliamente por la mitad occidental de la Hoja.

Se apoya, tanto sobre la unidad (3) en el sector septentrional de la hoja, como sobre la unidad (4) en el sector meridional.

Se ha reconocido con detalle en las secciones 03 - Sena, 04 - Casa de Tisaire y 05 - Montija, con potencias que oscilan entre 60 y 80 m en las secciones medidas al sur (03 y 04) y 105 m en la sección medida en la zona norte (05). Esta disminución de potencias de norte a sur se explica porque, en este mismo sentido, se produce el cambio lateral de facies de la unidad detritica (5) a la carbonatada (6).

En la sección 05 - Montija, está constituida por 105 m de una alternancia de areniscas, en gruesos bancos de hasta 4 m de potencia y lutitas rojizas, amarillentas y grises, en ocasiones edafizadas y con huellas de raíces. Localmente se encuentran niveles de gravas y cantes blancos en la base de los ciclos, así como niveles discontinuos de limos arenosos carbonatadas a techo de los mismos.

Las areniscas son grises, y por lo general de grano medio a fino. Como sucede en la unidad (3), los canales inferiores de la serie están llenos de gipsarenita, perdiendo, asimismo, este carácter hacia el techo de la sucesión.

Los cuerpos de areniscas se organizan en secuencias positivas, con bases erosivas y gran continuidad lateral, las estructuras sedimentarias más frecuentes son estratificaciones cruzadas de surco y planar, así como ripples de corriente en el techo de las secuencias. La mayoría de los cuerpos canalizados contienen estructuras de acreción lateral. Estos depósitos corresponden al relleno de paleocanales de ríos meandriformes (*point-bars*). En las facies de desbordamiento son frecuentes los *ripples*. La bioturbación es de baja a moderada en los tramos de finos.

En las secciones de Sena y Casa de Tisaire, además de presentarse la serie más reducida, la potencia de los paleocanales disminuye, asimismo se hacen más frecuentes las intercalaciones margosas e incluso algún nivel carbonatado a techo de los ciclos.

Petrográficamente las areniscas son litarenitas feldespáticas. En algunas muestras se encuentra yeso como grano y como cemento. Como accesorios predomina la biotita.

Por consideraciones regionales, se asigna a esta unidad una edad, Ageniense-Aragoníense.

#### **1.1.3.2. Margas, limos rojizos y niveles de caliza (6). Ageniense-Aragoniente**

Los materiales de esta unidad afloran únicamente en el sector oeste del borde meridional de la hoja, donde se inician las estribaciones de la Sierra de Alcubierre.

Se corresponden por cambio lateral de facies con la unidad (5) descrita en el apartado anterior.

Se han estudiado en la sección 04 - Casa de Tisaire, donde se han medido 80 m de una sucesión de margas grises y de lutitas amarillenteas y rojizas, en las que hacia la base, se intercalan niveles arenosos, localmente canalizados, y calizas arenosas grises en capas de 10 a 40 cm, y hacia el techo, tablas de calizas con restos de plantas y gasterópodos, en capas, por lo general, de 10 a 30 cm, aunque algunas alcanzan los 2 m de potencia. Estas últimas constituyen un buen nivel guía por su gran continuidad lateral.

No se observan en estos sedimentos estructuras sedimentarias. Corresponden a depósitos de calizas lacustre-palustre.

Petrográficamente las areniscas son litarenitas y las calizas son calizas microcristalinas con laminación algal y biomicritas, con restos de caráceas, ostrácodos y moluscos.

El contenido paleontológico de los levigados consiste principalmente en *Chara notata* GRAMB y PAUL, *Sphaerochara cf. inconspicua* (AL BRAUN EX UNGER) FREIST-CASTEL, *Stephanochara berdotensis* FREIST y RINGEADE, *Nitellopsis (tectochara) meriani* (L y N. GRAMB), *Cadona praecox* STRAUB, C. aff. *chassei* DICK y SWAIN, así como restos de gasterópodos (*Planorbis* y *Corbicula*).

Por consideraciones regionales, se asigna a esta unidad una edad Ageniense-Aragoniente.

#### **1.1.4. Unidad Remolinos-Lanaja**

En la hoja de Sariñena esta unidad aflora únicamente en la esquina SO, en cotas por encima de los 400 m, estando constituida por una serie alternante de margas y calizas. Regionalmente la potencia de la unidad oscila entre 70 y 130 m.

El contacto con la unidad infrayacente (Unidad Bujaraloz-Sariñena) se realiza de forma transicional en esta zona. En cambio en el sector nor-occidental (hojas de Ejea de los Caballeros-284, Almudevar-285 y Zuera-323) existe un cambio brusco de facies entre las facies terrígenas que caracterizan la base de la unidad Remolinos-Lanaja y las facies margo-yesíferas que forman el techo de la unidad genético-sedimentaria infrayacente. Este límite tiene un reflejo sedimentario, a lo largo de toda la parte central de la Cuenca del Ebro, representando un nuevo período de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales.

A grandes rasgos y siguiendo un criterio regional, la base de la unidad Remolinos-Lanaja, está constituida por facies aluviales distales y por facies de orla de abanico, que distalmente y hacia la parte superior de la serie, pasa a facies margo-carbonáticas de origen lacustre-

palustre. Los materiales aluviales en la zona de Sariñena forman parte del abanico de Huesca (*sensu* HIRST y NICHOLS, 1986), mientras que los de Ejea de los Caballeros (hoja 284) proceden del Sistema de Luna (HIRST y NICHOLS, 1986). Hacia sectores más meridionales de los anteriormente referidos, estos materiales pasan a facies de margen de lago salino y de lago salino (ver Figura 6).

En los materiales que forman esta unidad genético-sedimentaria, no se han encontrado yacimientos de microvertebrados que hayan permitido datarla. Sin embargo, dentro del territorio comprendido en la hoja de Lanaja (356), se ha podido atribuir al Aragoniense medio-superior la Unidad Montes de Castejón-Sierra de Lanaja, inmediatamente encima de la que nos ocupa. Teniendo en cuenta que esta unidad, presenta una posición estratigráfica bastante más alta, que la de la Unidad Remolinos-Lanaja y que, la parte media de la Unidad Bujaraloz-Sariñena, corresponde a la parte inferior del Aragoniense, podemos atribuir una edad correspondiente al Aragoniense medio, a la unidad en cuestión.

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

En esta unidad genético-sedimentaria solamente se ha diferenciado la unidad cartográfica siguiente:

#### 1.1.4.1. *Calizas y margas (7). Aragoniense*

Esta unidad aflora en el borde SO de la hoja, donde está constituida por una alternancia de margas grises y tablas de caliza, de hasta 1 m de espesor. Las calizas son micríticas y contienen restos de caráceas. Se interpretan como facies lacustre-palustres.

Por posición estratigráfica se le atribuye una edad Aragoniense.

## 1.2. CUATERNARIO

### 1.2.1. **Pleistoceno**

Dada la ausencia de dataciones suficientes en los depósitos cuaternarios de la cuenca del Ebro la división cronológica es aproximativa. A pesar de la suposición, por parte de algunos autores, de la existencia de depósitos de edad pliocena o pliocuaternaria en la cuenca del Ebro y al no existir datos cronológicos fiables al respecto, se ha decidido dar a los depósitos más altos una edad Pleistoceno inferior y fijar el tránsito Pleistoceno inferior-superior, en una posición aproximada, en función de los datos arqueológicos presentados por PEÑA MONNE (1988) y su correlación con los niveles del río Cinca (PEÑA MONNE y SANCHO MARCEN, 1988).

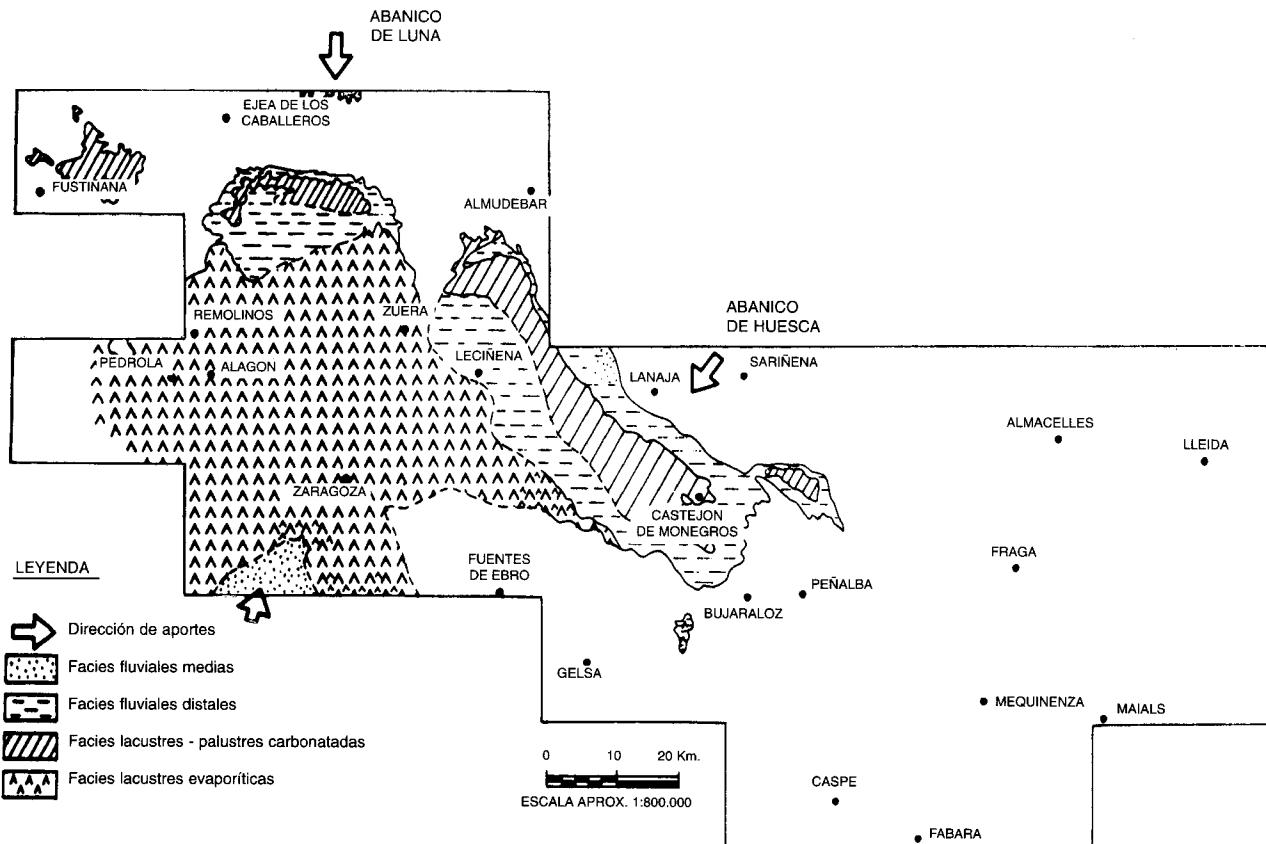


Fig. 6. Esquema de distribución regional de facies de la unidad genético-sedimentaria de Remolinos-Lanaja

Hay que señalar la seria dificultad existente al querer correlacionar los niveles de terrazas del río Cinca y los del Alcanadre. Dicha correlación se ha realizado en función de las relaciones establecidas en el contexto de la hoja entre dichos niveles y los niveles de glacis encajados presentes por lo que su validez es cuestionable; ya que dicha relación se establece por criterios meramente altimétricos entre niveles de glacis que tienden a solaparse hacia su parte alta y a erosionarse unos a los otros en su base (ver capítulo de geomorfología).

#### *1.2.1.1. Conglomerados de cantes y gravas calcáreas, costras calcáreas a techo. Depósitos aluviales y fluviales del Piedemonte Pirenaico (8). Pleistoceno inferior*

Estos depósitos se han diferenciado de las terrazas por doble motivo, en primer lugar por su significado morfológico (véase capítulo de geomorfología) y en segundo lugar por su espesor y composición. Afloran en el techo de las mesas del Saso de Santa Cruz, Saso de las Fitas y San Pedro.

La parte basal de estos depósitos son cantes y gravas fundamentalmente calcáreos (procedentes de la Sierras Exteriores Pirenaicas), bien redondeados, con escasa matriz, organizados en barras de canales tipo trenzado y cementados por abundante cemento calcáreo constituyendo un nivel de 4 a 5 m de conglomerados. A techo de estos materiales un "caliche", de más de 3 m de potencia, constituye una verdadera tabla calcárea. Este potente "caliche" presenta distintas facies: brechoides, pulverulenta o micrítica, pisolíticas, acintadas, planares (*hard pans*) y estructuras teepee y espeleotemáticas.

#### *1.2.1.2. Bloques, cantes, gravas, arenas, limos y arcillas. Terrazas (9, 10, 11, 12, 13, 14). Pleistoceno*

En cuanto a su composición litológica, las terrazas pueden dividirse en tres grupos según el sistema fluvial al que se asocian: sistema Alcanadre-Flumen, río Cinca y Barranco de la Clamor Vieja.

Las terrazas del sistema fluvial Alcanadre-Flumen están constituidas por cantes y gravas imbricadas, de composición fundamentalmente calcárea (procedentes de la Sierras Exteriores Pirenaicas), bien redondeados, con escasa matriz, organizados en barras de canales de tipo trenzado y cementados por cemento calcáreo más o menos abundante. El cemento presenta estructuras espeleotemáticas de recrecimiento y los cantes calcáreos muestran huellas de disolución en su parte superior a modo de microlapiaz, indicando una génesis vadosa del cemento. También pueden mostrar a techo costras calcáreas bien individualizadas. La potencia de estos depósitos es de 2 a 4 m de media.

Los depósitos fluviales de terraza asociados al río Cinca muestran características bien distintas. Están constituidos por bloques, cantes y gravas (a veces con diámetros superiores al medio metro), polimícticos, en los que abundan las rocas ígneas y metamórficas (granitos y cuarcitas fundamentalmente), y en menor medida las calizas; el espectro litológico muestra, por tanto, procedencia de la zona Axial Pirenaica y de las Sierras Exteriores. Los materiales están bien redondeados, presentan escasa matriz y abundante cemento calcáreo, a techo es frecuente la

presencia de limos y arenas arcillosas de la llanura de inundación. El conglomerado basal tiene una potencia de 3 a 4 m y los depósitos de llanura de inundación una potencia mucho más variable (dados su fácil erosionabilidad) pero pueden llegar a los 3 m de potencia.

Los depósitos fluviales en los que se encaja el Barranco de la Clamor Vieja son limos, arcillas y arenas estratificados horizontalmente con algunas estructuras de canales en *point-bars* en las que suele haber cantes y gravas calcáreas de procedencia prepirenaica (Sierras Exteriores) reciclados de los depósitos de piedemonte y terrazas anteriores. El espesor del nivel de terraza del Barranco de la Clamor es variable en los distintos cortes observados, oscilando desde los 2-3 m de potencia hasta cerca de 10 m.

#### 1.2.1.3. *Costras calcáreas* (15). Pleistoceno

Sólo se han señalado en la cartografía aquellos puntos donde el afloramiento presenta una morfología peculiar y borra la estructura del material origen. Son cementaciones (brechoides, pulverulenta o micrítica, pisolítica, acintadas, planares, teepee, espeleotemáticas) que indican una génesis vadosa con disolución del material origen (cantes calcáreos).

Su desarrollo es mayor en los niveles fluviales altos (depósitos del Piedemonte Pirenaico y terrazas altas) y menor en los niveles fluviales bajos y en los glaciares, si bien de modo general los procesos de carbonatación están presentes en todos los depósitos superficiales pleistocenos.

#### 1.2.1.4. *Cantes, gravas, arenas, limos y arcillas. Glacis procedentes de terrazas superiores* (16). *Gravas calcáreas, arenas, limos y arcillas. Glacis de Alcubierre* (17). Pleistoceno.

Composicionalmente los recubrimientos detríticos de los glaciares existentes en la hoja de Sariñena muestran dos áreas de procedencia de características muy distintas.

Los glaciares desarrollados en el interfluvio Alcanadre-Cinca, descienden desde los relieves coronados por los depósitos aluviales y fluviales del Piedemonte Pirenaico y de las terrazas superiores del sistema del Alcanadre. Los cantes y gravas presentes son materiales reciclados de los depósitos fluviales anteriores (cantes bien redondeados de calizas de las Sierras Exteriores Pirenaicas) si bien también aparecen algunos cantes angulosos de caliches pleistocenos.

Los cantes se muestran, sin embargo, peor ordenados que en las terrazas, con intercalaciones arenosas y limo-arcillosas más frecuentes, formando estratificaciones cruzadas en surco así como rellenos arenosos de canales centimétricos y depósitos más caóticos indicando en conjunto un régimen de flujo efímero con menor lavado de los detríticos finos que en las terrazas. El espesor de estos depósitos es muy variable siendo, en general, de 1 a más de 4 m.

Los glaciares situados al sur del río Alcanadre descienden de la Sierra de Alcubierre y la composición de sus recubrimientos detríticos es, por tanto, distinta. El material dominante son

gravas de calizas lacustres miocenas de tamaño homométrico (moda 1-2 cm), en general, pero con algunas intercalaciones con cantos heterométricos (hasta de 0,5 m de diámetro) pero en cualquier caso angulosos y planares (cortados según los planos de estratificación de las calizas miocenas), la matriz arcilloso-arenosa es poco abundante aunque no está totalmente ausente; presentan estratificaciones cruzadas en los niveles homométricos y una disposición más caótica en los niveles heterométricos. El espesor de estos depósitos puede alcanzar los 3-4 m de potencia.

Los procesos de carbonatación afectan a los glacis en menor medida que a los depósitos de terrazas. Esto puede ser debido a tres factores fundamentales, mayor impermeabilidad del material debido a las intercalaciones arcillosas existentes, mayor pendiente del depósito que facilita la evacuación del agua y menor disponibilidad de carbonato cálcico en el depósito.

### 1.2.2. Holoceno

1.2.2.1. *Bloques, cantos y gravas. Barras y depósitos de canal (18). Limos, arenas y arcillas. Llanura de inundación (19). Arenas, limos, arcillas y gravas. Fondos de valles (20). Holoceno*

La diferenciación litológica y granulométrica señalada para las terrazas fluviales según el sistema fluvial al que se asocian es asimismo válida para los depósitos fluviales actuales.

El sistema Alcanadre-Flumen transporta gravas y cantos calcáreos de procedencia prepirenaica y desarrolla llanuras de inundación poco extensas aguas abajo de Albalatillo.

El río Cinca transporta bloques, gravas y cantos de procedencia axial pirenaica y prepirenaica, polimicticos y forma llanuras de inundación más extensas que el Alcanadre.

En la cartografía se han agrupado la llanura de inundación y las posibles terrazas bajas (2-3 m) en un sólo nivel cartográfico dado que en bastantes ocasiones son prácticamente indistinguibles.

El único fondo de valle importante, de funcionamiento verdaderamente fluvial, existente en la hoja (aparte del Alcanadre, Flumen y Cinca) es el Barranco de la Clamor Vieja; este barranco deposita arenas y limos de procedencia miocena y algunos cantos procedentes de glacis y terrazas antiguas formando *point-bars* de poco desarrollo.

1.2.2.2. *Limos, arcillas, arenas y gravas. Depósitos aluvial-coluvial y rellenos de "vales" (21). Arcillas y limos. Depósitos endorreicos (22). Limos, arcillas, arenas y gravas. Coluviones y depósitos de ladera (23). Limos, arcillas, arenas y gravas. Conos de deyección (24). Arcillas, limos, arenas y gravas. Depósitos de glacis subactual (25). Limos, arcillas, arenas y gravas. Cuaternario indiferenciado (26). Holoceno*

El resto de los depósitos superficiales actuales o subactuales presentan características similares en cuanto composición litológica (limos, arcillas con algo de arenas y algún nivel de gra-

vas) y génesis, estando ligados a los procesos morfogenéticos de clima semiárido existentes en la hoja (arroyada y gravedad fundamentalmente). Los criterios de diferenciación entre los distintos tipos de depósitos señalados son, por tanto, fundamentalmente morfológicos.

## 2. TECTONICA

### 2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La hoja de Sariñena (30-14) 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 la Cordillera Costero Catalana, y en subsuelo su extensión es mayor, ya que está recubierta parcialmente por el Pirineo y su prolongación occidental, la Cordillera Cantábrica y por parte de la Cordillera Ibérica. De estos orógenos es el Pirineo el que ha ejercido una mayor influencia en la génesis y evolución de la cuenca.

El sustrato de la Cuenca del Ebro está constituido por un zócalo paleozoico sobre el que se dispone una cubierta mesozoica incompleta, con predominio de los materiales triásicos y jurásicos, ocupando los materiales más modernos la posición más meridional. 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 (Pirineo), llegando a alcanzar profundidades superiores a 3500 m bajo el nivel del mar en su sector septentrional (más de 5000 m en La Rioja alavesa), mientras la parte meridional se mantiene siempre a menos de 1000 m.

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

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

### 2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

Los materiales terciarios que afloran en la hoja de Sariñena son fundamentalmente niveles competentes carbonatados y areniscosos alternando con margas y arcillas. Por otra parte, existen grandes extensiones ocupadas por depósitos superficiales cuaternarios relacionados con los ríos Cinca y Alcanadre.

Los estratos oligocenos y miocenos son prácticamente horizontales y apenas se detectan en la hoja deformaciones cartografiadas. Tan sólo los niveles carbonatados miocenos de la

parte meridional, en las estribaciones de la Sierra de Alcubierre, permiten apreciar un ligero basculamiento hacia el SO de 2 a 5°. Este basculamiento no tendría mayor transcendencia si no fuera porque en un contexto más regional, se trata de un fenómeno generalizado al menos en toda la Sierra de Alcubierre y sus inmediaciones, con una orientación muy constante. Su edad es claramente posterior a la de los materiales miocenos a los que afecta (Aragoniente en esta hoja, posiblemente Vallesiense en zonas próximas), y podría estar controlado por fallas mayores de orientación ESE a SE que no se manifiestan apenas en superficie.

El rasgo más característico de la deformación en la parte central del valle del Ebro es un diaclasado que afecta a los materiales competentes miocenos y también a algunos depósitos cuaternarios y que sigue unos patrones sistemáticos que permiten relacionarlo con un régimen de distensión radial a partir del Mioceno superior-Plioceno. Esta relación es más evidente en zonas cercanas a la presente hoja.

Aparte de estas estructuras existen también algunos pliegues puntuales de escala métrica a decamétrica. El ejemplo más claro se ha observado al NO de Castelflorite, próximo al barranco de La Clamor. Se trata de un pequeño anticinal que afecta a arenas y lutitas aragonienses, y cuyo núcleo aparece complicado por pequeñas fracturas compresivas. Las capas plegadas están cubiertas en discordancia por un depósito de glacis cuaternario afectado por fracturas verticales. El pliegue presenta un eje horizontal E-O orientación similar a la de otras estructuras del mismo tipo halladas en distintos puntos de la región (especialmente en la hoja de Zuera). Dicha dirección es perpendicular a la compresión regional tardía en el ámbito de la Cordillera Ibérica y Cuenca del Ebro (GRACIA y SIMON, 1986; CASAS, 1988; SIMON y PARICIO, 1988), por lo que pueden ser atribuidos muy probablemente a dicho régimen tectónico, en el contexto tectónico del Mioceno inferior-medio (no existe ningún indicio de compresión más reciente en el sector central de la Depresión del Ebro).

### 2.3. EVOLUCION TECTONICA

Los datos existentes en el marco de la hoja no permiten establecer grandes precisiones sobre su evolución tectónica. El relleno de la cuenca por depósitos molásicos fluviales y lacustres parece condicionado desde el Oligoceno (al menos) por la actividad tectónica en el Pirineo, que origina una gran subsidencia relativa de la Cuenca del Ebro.

Los datos de subsuelo (RIBA *et al.* 1983) indican que el eje de la cuenca sufre una traslación continua de norte a sur desde el Paleoceno al Mioceno superior, así como una traslación continua del depocentro desde Cataluña a Los Monegros.

Existen indicios de actividad compresiva incluso hasta el Mioceno inferior en el sector central de la cuenca. En etapas 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

Hacia el Mioceno superior-Plioceno se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque no se manifiesta por fallas cartográficas, sí produjo un sistema de diaclasis bastante homogéneo. El campo de esfuerzos primario sería una distensión tendente a radial con  $\sigma_3$  (dirección de mínimo esfuerzo compresivo) próximo a E-O, lo que hace que se forme una familia principal de diaclasas en torno a N-S. El intercambio de  $\sigma_2$  (esfuerzo intermedio) y  $\sigma_3$  en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar a una familia secundaria en dirección E-O. En muchas áreas se produjo una desviación de las trayectorias de esfuerzos por efecto, probablemente, de fallas mayores de dirección ESE a SE, con las que posiblemente también estaría relacionado el débil pero extenso basculamiento que experimenta toda la serie de la Sierra de Ontiñena hacia el SW.

Durante el Cuaternario siguen produciéndose en muchos puntos fracturas que muestran una coherencia bastante aceptable con los patrones de diaclasado observado en el Mioceno y, por ende, con el campo de esfuerzos reciente inferido de estos últimos. Los casos observados sugieren que la actividad de estas fallas se mantienen hasta después de haberse desarrollado los niveles de glacis y terrazas que ocupan más extensamente la hoja (excluyendo las terrazas más recientes ligadas a los lechos actuales de los ríos).

## 3. GEOMORFOLOGIA

### 3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La hoja de Sariñena se encuentra situada en la unidad fisiográfica y geológica de la Depresión Terciaria del Ebro. En sentido amplio del término estaría situada en la unión de la subunidad fisiográfica del Somontano o Piedemonte Pirenaico (ALBERTO et al. 1984) con los relieves de las Sierras calcáreas centrales situados al sur de la hoja (Sierra de Alcubierre u Ontiñena). El Somontano o Piedemonte Pirenaico es un surco deprimido situado entre los relieves de las Sierras Exteriores Pirenaicas (al norte) y las citadas Sierras calcáreas centrales de la Depresión del Ebro.

La precipitación media anual está comprendida entre los 400 a 300 mm para el conjunto de la Hoja y la temperatura media anual es de 15 °C. El clima es mediterráneo de carácter continental.

Los relieves orográficos principales se sitúan a lo largo del borde sur de la hoja y constituyen la Sierra de Alcubierre u Ontiñena. La línea de cumbres de Alcubierre queda situada en la hoja topográfica nº 386 (Peñalba) donde alcanza alturas superiores a los 500 metros (Sigüenza 595 m).

Dos valles principales recorren el conjunto del territorio. El valle del río Cinca recorre el borde este de la hoja en dirección norte-sur. El extremo oeste queda surcado por el río Alcanadre que también fluye en dirección norte-sur hasta el sur de Albalatillo donde recibe al río Flumen por su ribera derecha y tuerce en dirección este para, rodeando los relieves de Ontiñena, unirse al Cinca en la localidad de Ballobar fuera de la hoja de Sariñena.

El resto del territorio está constituido por un conjunto de relieves en graderío dominados por las mesas situadas en el norte y centro de la hoja (Saso de las Fitas, 440 m; Saso Santa Cruz, 449 m; San Pedro, 419 m).

Mención aparte merece la depresión ocupada por la Laguna de Sariñena. Situada sobre la meseta del interfluvio Alcanadre-Flumen constituye uno de los fenómenos endorreicos más destacables del valle del Ebro.

### 3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

#### 3.2.1. **Estudio morfoestructural**

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

Las dos características morfoestructurales fundamentales que condicionan el relieve en la hoja de Sariñena son la monotonía de las facies litológicas aflorantes y la disposición horizontal o subhorizontal de los materiales.

La litología dominante en la hoja es fundamentalmente detrítica y constituida por limos y margas de poca resistencia frente a la erosión y areniscas y areniscas yesíferas en canales que condicionan el desarrollo de cerros cónicos y pequeños relieves estructurales de escaso desarrollo. La inversión del relieve por mayor resistencia a la erosión de los depósitos superficiales cementados, frente a los materiales de sustrato terciario, es el factor dominante que condiciona el desarrollo del relieve en la mayor parte de la hoja; con excepción del borde sur y ángulo sureste; donde las intercalaciones de tablas calcáreas en los materiales terciarios originan relieves estructurales resistentes a la erosión de mayor entidad. El cambio brusco de dirección sufrido por el río Alcanadre (de norte a sur a dirección este-oeste), debe de relacionarse así mismo con la mayor resistencia frente a la erosión de las intercalaciones calcáreas miocenas de la Sierra de Alcubierre y Ontiñena que forzosamente han tenido que condicionar su encajamiento en la posición actual.

#### 3.2.2. **Estudio del modelado**

##### 3.2.2.1. *Laderas*

Las laderas constituyen una parte importante de la totalidad del paisaje y proveen de agua y sedimento a la red de drenaje, por lo que son elementos fundamentales en la comprensión del relieve.

Dentro de la hoja pueden apreciarse distintos tipos de laderas según las formas, depósitos y procesos presentes. Por motivos de claridad cartográfica sólo se han señalado algunos de los rasgos más destacables de las laderas existentes.

En los materiales limo-arcillosos con intercalaciones arenosas (Mioceno), que ocupan extensas zonas en la hoja, la infiltración del agua de lluvia y lavado del material fino origina laderas ruiniformes en las que bloques de areniscas (en ocasiones de tamaño métrico a decamétrico) descansan de modo caótico sobre el perfil de la ladera.

Gran parte de las laderas presentan perfiles de sección basal cóncava que enlazan suavemente con su nivel de base local (terraza fluvial, fondo de valle o fondo de "vales"); normalmente estas laderas están dominadas por escarpes morfológicos (bien de origen estructural o bien debidos a la existencia del escarpe de un depósito superficial cementado). Esta sección basal cóncava implica un proceso de acumulación en la parte baja de la ladera que tiende a regularizarla en su forma.

Existen también retazos de laderas regularizadas rectilíneas a ligeramente cóncavas en su base fuertemente disectadas por el acarcavamiento y erosión posterior.

Cuando los procesos de erosión y acarcavamiento desmantelan por completo el regolito y la cubierta vegetal, se originan laderas de morfología acarcavada o de fuertes pendientes y rectilíneas en las que el Terciario aflora de modo continuo en la ladera.

Los segmentos de laderas de enlace entre las terrazas del río Cinca están en muchas ocasiones recubiertas por coluviones formados por derrubios de la terraza superior.

También se han señalado en la cartografía como coluviones pequeños depósitos acumulados en las laderas y asociados a los procesos erosivos de las mismas.

### 3.2.2.2. *Formas fluviales*

Para comprender correctamente la relación entre el relieve de la hoja y las formas debidas a las acciones fluviales hay que considerar que los ríos de procedencia pirenaica (Cinca y Sistema Alcanadre-Flumen) constituyen un elemento "extrazonal" (ALBERTO *et al.* 1984) sin relación con las condiciones climáticas de la hoja (mucho más áridas que las existentes en la zona pirenaica).

Los depósitos aluviales y fluviales culminantes en la hoja (depósitos del piedemonte pirenaico) por razones que se expondrán más adelante se analizarán en el apartado de formas poligénicas.

La organización de las formas fluviales "extrazonales" está condicionada por el desarrollo de los valles de los dos sistemas fluviales existentes en la hoja: Sistema del río Cinca y Sistema Alcanadre-Flumen.

Las terrazas del Cinca presentan, en general, mayor desarrollo y secuencias más completas en su orilla izquierda que en su orilla derecha, por lo que sólo afloran de modo parcial en la hoja. Pueden señalarse en la hoja tres niveles principales T1 (5-10 m), T2 (15 m) y T3 (30-40 m) y una posible terraza baja (2-3 m) difícilmente distinguible de la llanura de inundación.

El sistema fluvial del río Alcanadre muestra (en el contexto de la hoja) una secuencia mucho más completa de terrazas en su valle. Se pueden señalar seis niveles principales T1 (10 m), T2 (15 m), T3 (20-30 m), T4 (que puede subdividirse en dos niveles, uno inferior a 35-50 m y otro superior a 50-60 m), T5 (65-70 m) y T6 (60-100 m). Cabe señalar que los niveles culminantes de los depósitos del piedemonte pirenaico pertenecen litológicamente a este sistema fluvial y formarían un séptimo nivel (a 180 m sobre el cauce actual).

En función de las correlaciones entre los niveles de glacis y terrazas es posible proponer un cuadro general de correlación entre ambos sistemas fluviales válido para la hoja de Sariñena:

| GLACIS | RIO CINCA  | RIO ALCANADRE   |
|--------|--|---|
| G1     | T1 (10 m)<br>T2 (15 m)   | T1 (10 m)<br>T2 (15 m)  |
| G2     | -  | T3 (20 - 30 m)  |
| G3     | T3 (30 - 40 m)   | T4 (35 - 60 m)  |
| G4     | -  | T5 (65 - 70 m)  |
| G5     | -  | T6 (60 - 100 m)   |
|        | Nivel de Brujas (Hoja de Almacelles) 180 m sobre el Cinca (406 m, cota absoluta) | Depósitos de piedemonte pirenaico 180 m sobre el Alcanadre (450 - 416 m, cota absoluta) |

Los procesos fluviales "zonales" presentan características diferentes, correspondientes a un sistema de erosión semiárido (RODRIGUEZ VIDAL 1982 y 1986) con predominio de procesos de erosión intensa (cárcavas, *piping*, incisión lineal, arroyada) y sedimentación rápida por pérdida de la capacidad de transporte (rellenos de fondos de valles y "vales", depósitos aluvial-coluviales, depósitos de arroyada extensos, conos de deyección de torrentes).

Dentro de este contexto de formas fluviales "zonales" cabe destacar la formación de extensos valles de fondo plano en forma de "golfo" o *embayments* cubiertos por depósitos de arroyadas (aluvial-coluviales, depósitos de arroyada extensos) disectados por abarrancamientos y cárcavas y constituyendo planicies limo-arcillosas rodeadas por los relieves residuales circundantes y mal conectadas con la red principal. No se puede, sin embargo, hablar de un proceso semiendorreico puesto que existe posibilidad de evacuación del agua sobrante en todos los casos.

En el Barranco de la Clamor Vieja se reconocen unos depósitos fluviales (pertenecientes a un río meandriforme con depósitos de *point-bars*) sobre los que se encaja el barranco actual y que constituye un nivel correlacionable con el T2 del Cinca. La cuenca de alimentación de este barranco es de carácter netamente "zonal".

### *3.2.2.3. Formas endorreicas*

El endorreismo es un fenómeno frecuente en la Depresión Terciaria del Ebro, y, en especial, en su sector central (ALBERTO *et al.* 1984). En la hoja de Sariñena se pueden apreciar una serie de focos endorreicos y semiendorreicos destacables.

La Laguna de Sariñena es desde luego el fenómeno endorreico más destacable de la hoja. Recientemente ha sido objeto de un estudio monográfico multidisciplinar (PEDROCCHI *et al.*, 1986). Otros focos endorreicos destacables son La Laguneta (al norte del Barrio de la Estación de Sariñena). La Depresión de Omprío (al norte del Alcanadre entre Villanueva de Sigera y Ontiñena) y las pequeñas depresiones de Mas de la Sierra (al sur del Barranco de la Clamor Vieja).

Se presentan por tantos estos fenómenos endorreicos en diversas situaciones morfológicas (sobre una terraza de cantos calcáreos, sobre una superficie estructural calcárea y sobre un glacis de cantos calcáreos) pero con una característica común: La solubilidad del material superficial (cantos calcáreos o calizas miocenas).

El funcionamiento hidrogeológico de las terrazas y glacis (con presencia de manantiales de pequeño caudal en el contacto entre los depósitos superficiales y el Terciario, apoya la posibilidad de un proceso de disolución que crearía una depresión incipiente (con evacuación del material en disolución mediante el agua percolada) hasta alcanzar el sustrato impermeable terciario.

Por otra parte, la presencia de canales de areniscas yesíferas en el sustrato terciario situado debajo de la terraza en la que se asienta la laguna de Sariñena nos permite proponer la posibilidad de procesos de disolución en el material situado por debajo de la terraza.

La combinación de ambos procesos pudo crear una primera depresión en la que se acumularía agua cargada en sales y en la que los cantos de caliza terminarían de disolverse (el agua de la laguna ha disminuido su salinidad en los últimos años por aumento de aporte hídrico procedente del excedente de aguas de regadio).

Los procesos hidro-eólicos han podido ahondar la depresión posteriormente, pero nosotros consideramos que, los procesos de disolución juegan un papel fundamental en la génesis de la laguna de Sariñena y, en general, en todos los fenómenos endorreicos presentes en la hoja.

### *3.2.2.4. Formas poligénicas*

En este apartado se revisan algunas formas que implican la acción simultánea o sucesiva de procesos diversos.

Al norte de la hoja, aparecen una serie de depósitos cuya interpretación ha sido discutida por diversos autores; son los "depósitos pliocuaternarios" (ALBERTO *et al.* 1984), (RODRIGUEZ, 1986) o "acumulaciones pliocuaternarias" (PEÑA MONNE, 1983). Estos depósitos presentan características fluviales de tipo anastomosado (braided) (PEÑA MONNE y SANCHO

MARCEN, 1988) con encostramientos carbonatados a techo y se pueden, en algunos casos, relacionar con niveles de terraza de los valles principales. Por su contexto regional (situados en la región del piedemonte pirenaico); la ausencia de laderas de valles que confinen la red fluvial; su carácter sedimentológico (barras de tipo anastomosado); su extensión transversal (en comparación con los depósitos de terraza) y por último el no formar terrazas morfológicas (en el sentido estricto del término y no en su sentido de depósito superficial de origen aluvial) se ha considerado conveniente no incluir estos depósitos dentro de las formas fluviales, pues su génesis implica un proceso más complejo, en el que se labraría una superficie más o menos plana, a modo de piedemonte recubierto por un manto aluvial extenso en forma de "bajada".

Estos depósitos del piedemonte pirenaico que aparecen en el extremo norte de la hoja son continuación de los depósitos pliocuaternarios del Somontano de Barbastro (en concreto del nivel superior o de Berbegal-Castelflorite) señalados por RODRIGUEZ (1986). Su erosión posterior ha formado un conjunto de altas mesas que dominan el relieve del interfluvio Alcanadre-Cinca.

Dada la confusión existente en la utilización del término "glacis" (GALLART, 1977 o GONZALO MORENO, 1981) se precisa su utilización aquí para formas que se ajusten a su sentido descriptivo original y tengan carácter claramente "zonal" (en contraposición de los depósitos del piedemonte pirenaico con características claramente "extrazonales"). Los glacis de la hoja de Sariñena se han labrado sobre formaciones detríticas blandas (limos, arcillas y areniscas en canales) y parten de los relieves en mesas de los depósitos del piedemonte pirenaico y de los relieves calcáreos de la Sierra de Alcubierre. Se han señalado cinco niveles de glacis en la cartografía, su correlación con los niveles de terraza ya ha sido expuesta anteriormente.

Los procesos de carbonatación con formación de costras calcáreas ("caliches") y cementación del material detrítico de las formaciones superficiales están presentes tanto en terrazas, como en los depósitos de piedemonte y glacis; sin embargo, sólo se han señalado en el mapa cuando muestran una expresión morfológica propia (no correspondiente con la del depósito superficial asociado), o bien se ha borrado la estructura del material origen. El espesor de las costras es mayor en los depósitos más antiguos y menor en los más recientes.

Los "val" o "vales" son valles de fondo plano llenos por material detrítico de origen aluvial-coluvial por removilización de los suelos de las laderas (ZUIDAM, 1976). Otros autores (LLAMAS, 1962) suponen un origen eólico para estos materiales o bien una combinación de procesos eólico-vertiente-fluvial (ALBERTO *et al.* 1984). En cualquier caso están íntimamente ligados estos depósitos al lavado y erosión de las laderas por la dinámica actual y acumulación en las partes deprimidas del relieve. El resultado final de este proceso es la existencia de valles de morfología muy suave con un relleno de carácter limoso apto para el cultivo y en bastantes casos fuertemente incidido por la red de drenaje actual (por lo que se puede suponer que o bien el equilibrio acumulación-evacuación de estos depósitos es precario o bien que la acumulación no es el proceso dominante en la actualidad). El uso tradicional como zona de cultivo y la puesta en regadío de muchos de ellos tiene que haber influido forzosamente en su dinámica reciente. La distinción entre depósitos aluvial-coluvial, fondos de

"vales", glacis subactuales-actuales y depósitos de arroyada extensos es puramente morfológica y realizada con el fin de jerarquizar estos depósitos de acuerdo a sus formas.

### 3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

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

Las características litológicas y sedimentológicas de los depósitos superficiales han sido expuestas en el capítulo de estratigrafía de Cuaternario y las formas de relieve de origen deposicional han sido tratadas en el capítulo anterior; por lo que en este capítulo se van a tratar brevemente algunos aspectos geomorfológicos de las formaciones superficiales no tratados en los capítulos precedentes.

Los depósitos fluviales culminantes o depósitos del piedemonte pirenaico plantean algunos problemas en cuanto a su interpretación en el contexto regional de la hoja. Para algunos autores estos depósitos modelarían un relieve en glacis (ALBERTO *et al.* 1984 o RODRIGUEZ, 1986) cubierto por depósitos de abanicos aluviales. Recientemente estos depósitos culminantes han sido reinterpretados en el interfluvio Segre-Cinca (PEÑA MONNE y SANCHO MARCEN, 1988) considerándolos en un contexto estrictamente fluvial. La diferencia entre ambos puntos de vista está, por tanto, en que la primera interpretación implica procesos de sedimentación de la región con poco encajamiento de la red fluvial; la segunda interpretación implicaría una red fluvial similar a la actual con valles encajados e inversión del relieve por mayor resistencia a la erosión de los depósitos fluviales encostrados. En cualquier caso, para la hoja de Sariñena, presentan caracteres litológicos (potencia del depósito, desarrollo de "caliches") y morfológicos (relieves en mesas, frente a relieves en terraza) distintos a los de la terrazas fluviales y en este sentido han sido distinguidos en la cartografía.

### 3.4. LA EVOLUCION DINAMICA

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

ZUIDAM (1976) señala la existencia de una superficie de erosión sobre calizas de La Muela (620 m aproximadamente) al sur de Zaragoza, con niveles de costras carbonatadas a techo; asimismo se han reconocido depósitos detríticos y encostramientos en la Plana Negra (GRA-

CIA et al. 1985) y en la Sierra de Castejón situadas a cotas comparables. Esta posible superficie (o superficies) no es visible en la hoja de Sariñena y quedaría situada por encima de los relieves topográficos más altos.

Los relieves situados al sur de la hoja (Sierra de Alcubierre-Ontiñena) constituyeron relieves residuales desde etapas tempranas de la historia denudativa, puesto que se sitúan 150 m por encima de los primeros depósitos superficiales cartografiados. Esta etapa temprana queda definida por los depósitos del piedemonte pirenaico (P1); el origen de estos depósitos es claramente fluvial de procedencia pirenaica (Sierras Exteriores) y por tanto pertenecería a un sistema fluvial similar al del Alcanadre y afluentes (sin detriticos de procedencia pirenaica-axial). La altura de estos depósitos (180 m sobre el Alcanadre; 200 m sobre el Cinca) situados a cotas comprendidas entre 450 a 416 m nos permite correlacionarlos aproximadamente con los niveles de depósitos de terrazas más altos del río Cinca (Cerro Brujas en la hoja de Almacellas, 180 m sobre el río Cinca) situados a 406 m de cota absoluta (Véase cuadro de correlación del capítulo 3.2.2.2.). No parece, por tanto, acertado correlacionar estos depósitos con los niveles de Almacellas-Alfarras como señalan ALBERTO et al. (1984), puesto que topográficamente (tanto en cota absoluta como en altura sobre el cauce) se sitúan por debajo de las terrazas más altas del Cinca (PEÑA MONNE y SANCHO MARCEN, 1988).

No existen relieves intermedios en la región por encima de estos depósitos (exceptuando en la Sierra de Alcubierre) por lo que cabe pensar en dos soluciones; este nivel de acumulación es contemporáneo al desarrollo de una pedimentación generalizada de la región o bien los procesos de erosión posteriores han erosionado los relieves confinantes de los valles y sólo han respetado restos de los fondos de valle por inversión del relieve. sin querer entrar en polémicas parece más lógico pensar en la primera solución, puesto que parece poco probable que la erosión posterior a estos depósitos no respete ningún relieve residual en una comarca tan amplia.

Después de esta primera etapa el relieve se va modelando en una serie de secuencia de encajamiento con desarrollo de terrazas escalonadas (seis principales para el Alcanadre y tres en el Cinca para la hoja de Sariñena) que tienden de modo general a desplazarse hacia el oeste. Este desplazamiento está condicionado por procesos de captura norte-sur que tienden a adaptar la red fluvial al blando morfológico que constituye el límite norte de la Sierra de Alcubierre-Ontiñena. Este proceso de adaptación de la red fluvial es bien patente en el desdoblamiento de la terraza T4 del Alcanadre en la que el nivel superior (50-60 m) queda parcialmente confinado por la terraza T5 (65-70 m), a la altura de los puntos kilométricos 69-71 de la carretera nº 1310 (Cerros Mataliebres y Luneta), mientras que el subnivel inferior (35-50 m) de esta misma terraza se sitúa más al oeste y al sur. Cabe por tanto pensar en la captura del Alcanadre por un afluente del Flumen que corría en dirección norte-sur a la altura de la T4, imponiendo un nivel de base ligeramente más alto pero con un recorrido mucho más corto y por tanto mayor pendiente para el nuevo trazado del río; respetando parte de la T5 como relieve residual.

Correlacionables con estos niveles de terrazas se desarrollaron cinco secuencias de glaciaciones descendían de los relieves residuales dominantes (Sierra de Alcubierre y mesas de los depósitos del piedemonte pirenaico) y que enlazaban con sus respectivos fondos de valle.

El resultado final es un relieve en mesas y graderíos en el que se encajan los valles principales y limitado por el sur por los relieves estructurales de la Sierra de Alcubierre-Ontiñena.

### 3.5. MORFOLOGIA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS.

En la actualidad el Alcanadre funciona como un río encajado en sus terrazas y el Terciario hasta su confluencia con el río Flumen, formando un pequeño cañón o garganta; en su lecho aflora el sustrato Terciario frecuentemente y sobre este sustrato se desplazan pequeñas barras de cantos y gravas calcáreas. Después de recibir el Flumen conforma un fondo de valle más amplio con un canal de tendencia meandriforme en el que se depositan cantos y gravas calcáreas en el canal y limos y arcillas en las llanuras de inundación.

El Cinca presenta características distintas (consecuentes con su cuenca de drenaje más amplia), con mayor capacidad de transporte. Presenta un amplio fondo de valle, con una canal mayor próxima al kilómetro de anchura y ocupada por barras y depósitos de canal (bloques, cantos y gravas polimicticos) depositados por canales de tipo anastomosado. El canal de estiaje presenta cierta tendencia meandriforme. La llanura de inundación y la terraza baja son difíciles de distinguir.

Las obras hidrológicas realizadas en las cabeceras de estos ríos, las modificaciones en los balances hídricos por los cambios de vegetación y trasvases de agua a canales y acequias para regadíos son los factores determinantes principales de la evolución futura de los sistemas fluviales.

Los procesos geomórficos actuales de carácter climático "zonal" caracterizan las condiciones semiáridas existentes. Estos procesos, de características semiáridas, se ven favorecidas por dos factores fundamentales: la litología limoso-arcillosa de los materiales terciarios y el uso del suelo (sobrepastoreo, deforestación, explotación agrícola) que reducen la infiltración y la evapotranspiración y facilitan los procesos de arroyada, acarcavamiento y *piping* impuestos por las condiciones climáticas. Las modificaciones en el uso del territorio serán los condicionantes principales de las tendencias futuras en los procesos "zonales".

## 4. HISTORIA GEOLOGICA

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

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

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

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

Los sedimentos más antiguos aflorantes en la hoja de Sariñena pertenecen al Mioceno inferior (Aquitaniense), mientras que los más modernos pertenecen al Mioceno medio (Aragoniente). Forman parte de las cuatro unidades genético-sedimentarias que se han mencionado en el capítulo de Estratigrafía, las cuales se denominan: Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, Unidad Galocha-Ontiñena, Unidad Bujaraloz-Sariñena y Unidad Remolinos-Lanaja. Cada una de estas unidades está constituida, de forma general, por sedimentos aluviales distales en la base, y por sedimentos lacustre-palustres en el techo. Esta ordenación, refleja la existencia de una reactivación de los sistemas aluviales hacia el centro de la cuenca, en la base de cada una de las unidades diferenciadas. Los aportes de los materiales aluviales, presentes en la zona cartografiada, provienen del Pirineo, (abanicos de Huesca).

Dentro del área cartografiada, el registro sedimentario más antiguo, corresponde a los materiales de abanico aluvial que configuran la base de la unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca (Ageniente). Representan una etapa en que, en esta parte de la cuenca, tenía lugar la sedimentación de materiales fluvio-aluviales, de ríos meandriformes y en donde se desarrollaban llanuras de inundación de gran extensión areal, ya que en esta unidad, predominan las facies pelíticas de desbordamiento.

Con la sedimentación de la base de la unidad Galocha-Ontiñena, formada por paleocanales de ríos meandriformes y por facies de llanura de inundación, queda reflejado un período de reactivación de los sistemas aluviales, procedentes del Pirineo, durante el Ageniente. Por el contrario la sedimentación margo-carbonática de su parte superior, refleja un importante período de expansión lacustre.

Los materiales aluviales, que constituyen la base de la Unidad Bujaraloz-Sariñena, representan otra etapa de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales. En zonas próximas, hacia el oeste, se puede constatar que estos materiales, evolucionan a facies margo-evaporíticas, de margen de lago salino y de lago salino. La existencia de otra etapa de expansión lacustre, condiciona la sedimentación de los materiales margo-carbonáticos, que forman la parte superior de esta unidad.

Finalmente, los carbonatos que forman la Unidad Remolinos-Lanaja, representan la última etapa de expansión lacustre, ocurrida en esta parte de la cuenca, durante el Aragoniense y con la que concluye la historia geológica de los materiales terciarios de la hoja.

Desde este momento y hasta los tiempos cuaternarios, no existe registro sedimentario en la hoja de Sariñena.

Por los estudios realizados en hojas próximas, se sabe que la evolución temporal y espacial, de las Unidades Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora y Sierra de Lanaja-Montes de Castejón, es similar dentro del área de estudio. Ambas unidades están constituidas, en el sector de la Sierra de Alcubierre, por facies aluviales distales que reflejan a dos etapas de reactivación diferentes de los orógenos que tuvieron lugar durante el Aragoniense medio-superior. Estas, hacia el oeste, pasan a facies de margen de lago salino y de lago salino. De la misma forma, el techo de las dos unidades, constituido por niveles margo-carbonáticos, refleja la existencia de dos etapas de expansión lacustre. Por último, en este sector de la Cuenca del Ebro, los materiales que constituyen la Unidad de San Caprasio, representan el techo de la serie terciaria.

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

En el tránsito Mio-Plioceno se produce un fuerte cambio en las condiciones de sedimentación de la cuenca. Tras la apertura por parte del río Ebro de una salida a través de los Catalánides, se modifica el régimen endorreico dominante hasta entonces, siendo posible el desagüe exorreico de la misma hacia el Mediterráneo.

Desde este momento -y durante todo el Cuaternario- se produce una alternancia de etapas denudativas y acumulativas en la región, relacionadas con cambios climáticos, y con claro predominio global de las primeras.

El intenso proceso de vaciado erosivo configura la morfología actual del área mediante un modelado de erosión diferencial. Las etapas acumulativas permiten la formación de sucesivos niveles de glacis y terrazas asociados a los cauces fluviales principales.

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

## 5. GEOLOGIA ECONOMICA

### 5.1. RECURSOS MINERALES

Los recursos minerales de la hoja se limitan a la existencia de sales sódicas en el subsuelo, cortadas en el sondeo Sariñena-1, realizado por ENPASA en 1963, a diversos niveles de la serie estratigráfica: Terciario (Fm. Barbastro), Keuper, Muschelkalk medio y Bundsandstein; y a las rocas industriales, áridos naturales: gravas y arenas; y arcillas.

### 5.1.1. Rocas industriales

Se han inventariado 8 indicios de áridos naturales, grava y arenas, tanto de terrazas medias como de aluviales recientes a lo largo de los ríos principales que surcan la hoja: cinco sobre el Alcanadre con centro comercial en Sariñena; uno más en el Cinca y otros dos en el bajo Alcanadre con centro comercial en Alcolea de Cinca.

De las canteras de áridos naturales tan sólo consta como activa la situada 1 km al este de Sariñena (Cantera "Quintín", nº 60) que suministra a una empresa de hormigones. Esta explotación se encuentra emplazada sobre el aluvial actual no cultivable y, debido al exceso de gruesos es necesario proceder a trituración.

El resto de las graveras están inactivas y todas ellas se sitúan sobre terrazas bajas y medias de los ríos Alcanadre y Cinca. El valor agrícola de las tierras ha hecho desistir de la explotación.

Actualmente mantienen actividad 4 explotaciones de arcillas. De estas cuatro labores tres pertenecen a una misma sociedad "Cerámicas Doban, S.A." con centro de producción en Alcolea; y la otra a "Palau, Cerámica de Sariñena, S.A." con centro de producción en Sariñena. Todas las cerámicas se destinan a elementos estructurales, ladrillos y bovedillas; y, eventualmente, tejas. Los frentes activos de explotación de arcillas tienen un promedio de 100 x 15 (12) m con 2 ó 3 bancos, situación que es cambiante según el alcance de la explotación.

En Villanueva de Sigena hubo una pequeña explotación para cerámica local, ya inactiva.

Por otra parte, al sur de Castellfullit se explotó artesanalmente arenisca para mampostería de ámbito local y construcción típica de la zona.

#### *Descripción de los materiales*

Las gravas en general son poligénicas (granitos, esquistos, calizas, cuarcitas, areniscas, etc.) de cantos aplanados y con un enorme predominio de gruesos (el 70% es mayor de 15 mm en el Cinca); ello obliga a machaqueo lo cual convierte a estos áridos "naturales" en artificiales (en su coste) pero sin sus ventajas de homogeneidad.

Las arcillas correspondientes a los materiales limosos y lutíticos de la Formación Sariñena (Mioceno inferior) son de naturaleza illítica en cuanto a su fracción arcillosa y presentan abundancia de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  por su origen y ambiente deposicional. Ello condiciona su uso en ladrillería. La explotabilidad desde el punto de vista topográfico (cerros isla y recortes topográficos) es buena; sin embargo las areniscas intercaladas reducen mucho el aprovechamiento e impiden una constancia de composición en el material extraído. Constancia que hay que "fabricar" con mezclas homogeneizantes en planta. El color de las arcillas es dominante pardo y la disposición subhorizontal; el espesor de los niveles es muy cambiante, y parecen tener un contenido relativamente alto en hierro.

La arenisca explotada para mampostería es parte también de la Fm. Sariñena; es de grano fino y la naturaleza es fundamentalmente calcárea. No es posible la disyunción planar por lo

que su uso posible es sólo la sillería. Son mejores los tramos altos, con menos arcillas intercaladas y no hay problemas de explotabilidad en cuanto a frentes (que la topografía de mesas y tablas favorece) y a fiabilidad, que es buena.

## 5.2. HIDROGEOLOGIA

En esta hoja, situada al norte de los Monegros, se puede distinguir una unidad acuífera, que corresponde al aluvial del río Cinca, incluyendo parte de los depósitos asociados del Alcanadre en la zona de confluencia de ambos. Esta unidad pertenece al sistema acuífero nº 62 "Aluvial del Ebro y afluentes".

Otros materiales que se pueden considerar de interés, aunque sea solamente a nivel local, son el resto de depósitos cuaternarios (aluviales de Flumen y del Alcanadre; glacis, rellenos de barranco) y, con mucha menor importancia, las areniscas terciarias de Castellflorite.

La recarga de estos acuíferos se produce principalmente por la infiltración de la lluvia y de los excedentes de regadío. El drenaje se establece hacia los ríos.

El inventario de puntos de agua es escaso debido a la baja densidad de población, cuyas demandas se ven satisfechas por una densa red de aguas superficiales, lo que limita el uso de aguas subterráneas. Muchas de las antiguas captaciones han sido abandonadas.

### 5.2.1. Hidrología

Toda la superficie de la hoja está incluida en la cuenca hidrográfica del Ebro. El río más importante dentro de la misma es el Cinca que la atraviesa de norte a sur por su extremo más oriental. Otros ríos importantes dentro del área son el Isuela (Flumen) y el Alcanadre, siendo el primero tributario del segundo y éste del Cinca. Estos son los únicos ríos con régimen permanente ya que reciben importantes aportes en cabecera. El resto de cursos de agua que surcan la hoja tienen un carácter efímero, con circulación solamente en épocas de lluvias.

Dentro de la hoja hay 2 estaciones de control de calidad de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Una de ellas está situada en el río Alcanadre, en Ontiñena (estación nº 226) y la otra en el río Flumen, en Sariñena (estación nº 227) que también registra datos de caudal.

Las aguas de los ríos Alcanadre y Flumen tienen un carácter sulfatado-bicarbonatado, cálcico-sódico. No presentan índices importantes de contaminación, aunque ocasionalmente la concentración en coliformes es bastante elevada.

Como característica singular en esta hoja hay que destacar la existencia de la Laguna de Sariñena, situada en una zona endorreica al oeste de la localidad a la que debe su nombre. Tiene unas dimensiones de 3,5 x 1,5 km y prácticamente no recibe aportes a excepción de los que le llegan por su parte norte a través del barranco del Saso Verde.

## **5.2.2. Características hidrogeológicas**

### *Aluvial del Río Cinca*

Los depósitos asociados al río Cinca están constituidos por bloques, cantes y gravas, bastante redondeadas, con escasa matriz y abundante cemento calcáreo. Un perfil tipo tendría un conglomerado basal de 3-4 m recubierto por depósitos finos de llanura de inundación que pueden llegar a tener 3 m de espesor.

La única terraza conectada con el río es la más baja, sin embargo en algunas zonas incluso ésta se encuentra colgada como sucede entre Estiche y Santa Lecina en la margen izquierda.

La permeabilidad es muy variable considerando los frecuentes cambios litológicos característicos de este tipo de depósitos.

Las transmisividades estimadas oscilan entre 100-500 m<sup>2</sup>/día.

Los niveles extraídos de los datos de inventario indican que el drenaje se realiza por el río. La dirección del agua subterránea tiene dos componentes, una en sentido hacia el río y otra paralela al mismo en sentido aguas abajo. El espesor saturado medio es del orden de 6 m.

La recarga del acuífero se produce a través de la infiltración de las precipitaciones y de los excedentes de riego. La descarga natural es por surgencias situadas en los contactos de las terrazas con materiales terciarios y minoritariamente por extracciones en pozos.

El inventario dentro de esta formación se reduce a 10 puntos de los cuales 6 son pozos excavados de escasa profundidad y 4 son manantiales. Esta escasez de puntos de agua está influida directamente por la facilidad en la obtención de agua a partir de la red superficial. Antiguamente existía un mayor número de captaciones que en la actualidad están abandonadas.

La mayoría de los puntos registrados se encuentran también en desuso. Los manantiales vierten sus aguas directamente al río.

### *Aluviales de los ríos Flumen y Alcanadre*

La litología es aproximadamente igual que la descrita para el río Cinca aunque sus potencias son menores, con una media de 2-4 m.

Estos depósitos adquieren verdadera importancia a partir de la confluencia de ambos ríos.

Los valores de permeabilidad son similares a los del acuífero principal presentando también una distribución espacial variable en función de las litologías predominantes. La transmisividad ha de ser menor teniendo en cuenta la menor potencia de estas formaciones.

En total hay inventariados 12 puntos de agua de los cuales 5 son pozos, 2 son balsas y otros 5 son manantiales. Las surgencias están asociadas al drenaje de las terrazas y los pozos están situados sobre las terrazas más antiguas (10, 11).

En la mayoría de los manantiales es evidente la influencia de los regadíos que hacen que se registren máximos de caudal en el verano y mínimos invernales. Entre ellos destaca el manantial que se aprovecha en el abastecimiento a Albalatillo, que tiene un caudal de 85 l/s. Este caudal que se mantiene más o menos constante durante el año no puede depender tan sólo de la recarga por precipitación y excedentes de riego a la terraza sino que debe existir una recarga importante, probablemente procedente del río aguas arriba, fuera del límite de la hoja.

### *Otros depósitos cuaternarios*

Entre estos se pueden distinguir sobre todo los glacis y rellenos de "vales". Aunque su origen es distinto la litología es básicamente la misma: cantos y gravas con arenas y arcillas. El espesor oscila entre 1 y 5 m.

Las manifestaciones hidrogeológicas que llevan asociadas son surgencias, en las áreas topográficamente más bajas, las cuales drenan estos depósitos, que quedan colgados sobre el sustrato básico impermeable. Este hecho, unido a su poca extensión, hace tengan un interés hidrogeológico muy limitado.

## 5.3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES

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

### *AREA I*

Comprende los depósitos terciarios con predominio de facies detríticas.

Dentro de este área se pueden distinguir las siguientes zonas:

#### *Zona I<sub>1</sub>*

A ella pertenecen las unidades cartográficas (1), (3) y (5).

Está constituida por lutitas rojizas y amarillentas con capas de areniscas intercaladas, cuyas potencias oscilan entre pocos cm y 4 m (que corresponden a paleocanales amalgamados).

Es una zona compuesta por capas y bancos subhorizontales, de pendientes suaves. Esta disposición preferentemente horizontal facilita el ripado, sobre todo en los tramos lutíticos y de alternancias de éstos con niveles de areniscas poco potentes.

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

Existe la posibilidad de agresividad de las aguas que generalmente llevan una alta concentración de iones sulfatos disueltos, como lo demuestra la abundancia de eflorescencias. Esta característica es más acusada en los materiales que constituyen la unidad cartográfica (5).

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

#### *Zona I<sub>2</sub>*

Comprende las unidad cartográficas (2) y (4).

Está formada por margas y lutitas con niveles de escasos cm de espesor de areniscas y calizas.

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

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

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

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

#### *AREA II*

Comprende los depósitos terciarios constituidos por una alternancia de margas, calizas, limos rojos y ocasionalmente areniscas, en capas de escasa potencia. Dentro de esta área sólo se distingue una zona.

#### *Zona II<sub>1</sub>*

Comprende las unidades cartográficas (6) y (7).

La estratificación de los niveles de margas y calizas es perfecta en niveles dispuestos horizontalmente.

Este grupo geotécnico puede presentar problemas de ripabilidad en los niveles de calizas, suavizados, en parte, por la escasa potencia de los mismos.

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

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

### AREA III

Comprende los depósitos cuaternarios, formados por gravas, arenas, arcillas y limos generalmente. Se han distinguido las siguientes zonas:

#### Zona III<sub>1</sub>

Está formada por las unidades cartográficas (8), (9), (10), (11), (12), (13), (14) y (15).

Está constituida por gravas bien rodadas de naturaleza predominantemente calcárea, parcialmente cementadas por carbonatos, que en ocasiones forman costras a techo de estos materiales.

Estos depósitos aparecen en forma de restos de erosión, que en ocasiones originan cerros testigos más o menos aislados. Su disposición es horizontal, fosilizando el relieve subyacente.

Esta formación es perfectamente ripable y son aptos para la obtención de gravas y pres-tamos. Existen en este grupo abundantes frentes abiertos, la mayoría de los cuales están hoy en actividad.

Los taludes se mantienen prácticamente verticales.

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

#### Zona III<sub>2</sub>

Comprende la unidad cartográfica (16).

Está constituida por gravas, arenas, limos y arcillas.

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

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

La ripabilidad es alta, así como la permeabilidad, no presentando problemas de drenaje.

#### *Zona III<sub>3</sub>*

Comprende la unidad cartográfica (17).

Está constituida por margas con gravas y arenas.

Como la zona descrita anteriormente, presenta la estructura tipo glacis, pero se diferencia de ella porque las gravas son angulosas y el contenido en finos es más importante.

Como en la anterior, la ripabilidad es alta, sin embargo, la permeabilidad es muy baja, y puede presentar problemas de aterramientos locales por la naturaleza incoherente de los materiales que la forman.

#### *Zona III<sub>4</sub>*

Comprende la unidad cartográfica (18).

Está formada por gravas bien rodadas de muy diversos tamaños y de naturaleza poligénica, si bien destacan las calcáreas. También están presentes arenas, limos y arcillas en mayor o menor proporción.

Los materiales que forman este aluvial están irregularmente distribuidos, y así en las zonas meandriformes llegan a tener un desarrollo importante.

Se trata de una zona inundable, con nivel freático superficial, formada por suelos no cohesivos.

Es una formación muy apta para la explotación de gravas relativamente limpias.

#### *Zona III<sub>5</sub>*

Comprende la unidad cartográfica (19).

Esta constituida por limos, arenas y arcillas, en proporción variable procede de diversos cauces vacíos, con desarrollo en las llanuras de inundación.

Es una zona inundable y encharcable, con drenaje superficial y profundo generalmente muy bajo.

### *Zona III<sub>6</sub>*

Comprende las unidades cartográficas (20) y (21).

Está constituida por limos, arcillas, arenas y gravas que forman amplios mantos aluviales de estructura plana, que fosilizan a los materiales terciarios.

Presentan características geotécnicas aceptables cuando estos materiales están secos, pero con clima húmedo, son frecuentes los encharcamientos y embarrancamientos que se mantienen durante bastante tiempo. Por ello puede presentar peligro de asientos importantes.

### *Zona III<sub>7</sub>*

Se corresponde con la unidad cartográfica (22).

Está constituida por arcillas y limos plásticos de origen lagunar reciente.

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

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

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

### *Zona III<sub>8</sub>*

Comprende las unidades cartográficas (23), (24), (25) y (26).

Está constituida por arcillas, limos, arenas y gravas.

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

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

La hoja de Sariñena se sitúa dentro del sector central de la Cuenca del Ebro, al norte de la Sierra de Alcubierre. Dicho sector se caracteriza por una gran homogeneidad desde el punto de vista geológico y fisiográfico, de manera que los P.I.G. resultantes en cada hoja deben entenderse en el ámbito y a la escala de ese sector central.

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

De esta primera selección se han escogido un total de 4 P.I.G., de los cuales tres tienen un contenido geomorfológico y uno un contenido neotectónico. Todos ellos tienen una importancia regional y, en algunos casos, nacional. Se aconseja una utilización científica, didáctica y paisajística.

Posteriormente, se han seleccionado, usando un método directo de subjetividad compartida (CLAVER *et al.* 1984), tres de los cuatro puntos iniciales para presentarlos en este capítulo. La razón de esta selección hay que buscarla en lo excepcional de los afloramientos y en su significado dentro de la geología del sector central de la Cuenca del Ebro. Los P.I.G. escogidos son:

#### *P.I.G. Nº 1*

La Laguna de Sariñena se sitúa en el interflujo de los ríos Alcanadre y Flumen, próximo a la ciudad del mismo nombre. Se trata del área endorreica de mayores dimensiones ubicada en la depresión pre-somontana de Sariñena.

#### *P.I.G. Nº 2*

Con la denominación de mesas de Santa Cruz, las Fitas y San Pedro se designan a una serie de relieves en mesas coronados y protegidos por depósitos fluviales de tipo braided cubiertos por encostramientos potentes de tipo caliche. La intensa erosión en condiciones semiáridas imprime un fuerte carácter al relieve.

#### *P.I.G. Nº 3*

La falla cuaternaria del Canal de Terreu afecta a depósitos de glacis cuaternarios y a capas arenosas miocenas. Su peculiaridad consiste en que es una de las pocas estructuras compresivas, en un campo de esfuerzos supuestamente distensivo, descrita en el conjunto de hojas estudiadas.

## **7. BIBLIOGRAFIA**

AGUSTÍ, J.; ANADÓN, P.; ARBIOL, S. y CABRERA, L. (1983-84). Biozonación mediante Roedores (Mammalia) del tránsito Oligoceno-Mioceno en el sector sureste de la Cuenca del Ebro. *Paleontología i Evolució*, nº XVIII, pp. 131-149.

AGUSTÍ, J.; ANADÓN, P.; ARBIOL, S.; CABRERA, L.; COLOMBO, F. y SÁEZ, A. (1987). Biostratigraphical characteristics of the Oligocene sequences of North-Eastern Spain (Ebro and Campins Basins). *Münchner Geowiss, Abh.*, (A), 10, 35-42, 2 figs.

AGUSTÍ, J.; CABRERA L. ANADÓN, P. y ARBIOL, S. (1988). A Late Oligocene-Early Miocene rodent

- biozonation from the SE Ebro Basin (NE Spain). A potential mammal stage stratotype. *Newsl. Stratigr.* 18 (2) pp. 81-97, 5 fig. Berlin-Stuttgart.
- ALASTRUE, E.; ALMELLA, A. y Ríos, J. M. (1957). Explicación del mapa geológico de la provincia de Huesca. I.G.M.E., Madrid.
- ALBERTO, F.; GUTIÉRREZ, M.; IBÁÑEZ, M. J.; MACHÍN, J.; PEÑA, J. L.; Pocovi, A. y RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1984). El Cuaternario de la Depresión del Ebro en la región aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes. Univ. de Zaragoza. Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza, 217, pp. 2 mapas.
- ÁLVAREZ-SIERRA, M. A.; DAAMS, R.; LACOMBA, J. I.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, N.; VAN DER MEULEN, A.J.; SESE, C. y DE VISSER, J. (1990). Paleontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta. Geologica.* 94: 75 pp.
- ANADÓN, P.; VIANEY-LIAUD, M.; CABRERA, L. y HARTENBERGER, J. L. (1987). Gisements à vertébrés du Paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie. *Paleontología i Evolució* T.21, pp. 117-131.
- ARENAS, C.; PARDO, G.; VILLENA, J. y PÉREZ, A. (1989). Facies lacustres carbonatadas de la Sierra de Alcubierre (Sector Central de la Cuenca del Ebro). XII Congreso Español de Sedimentología, Bilbao, Comunicaciones, pp. 71-74.
- ASTIBIA, H.; MAZO, A. V.; MORALES, J.; SESE, C.; SORIA, D. y VALDÉS, G. (1984). Mamíferos del Mioceno medio de Tarazona de Aragón (Zaragoza). I Congreso Español de Geología, Segovia, T.1., pp. 383-390.
- AZANZA, B. (1983). Estudio geológico y paleontológico del Mioceno del sector oeste de la comarca de Borja. *Tesis Licenciatura. Univ. Zaragoza.*
- 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. AEQUA. VII Reunión sobre el Cuaternario, Santander, pp. 99-102.
- BENITO, G. (1987). Karstificación y colapsos kársticos en los yesos del sector central de la Depresión del Ebro (Aragón, España). *Cuaternario y Geomorfología*, 1, 71-76. Zaragoza.
- BENITO, G. y CASAS SAINZ, A. M. (1987). Cantos impresos en los depósitos cuaternarios del sector centro-occidental de la Depresión del Ebro. AEQUA. VII Reunión sobre el Cuaternario, Santander, pp. 267-270.
- BENITO, G. y CASAS, A. (1987). Small-scale deformations in quaternary deposits in the north-eastern iberian Peninsula. *Géologie Méditerranéenne*, 14, 233-243.

- BENITO, G. y GUTIÉRREZ, M. (1987). Karst in gypsum and its environmental impact on the middle Ebro Basin (Spain). En: BECK, B.F. (Ed.). *Karst Hydrogeology. Engineering and Environmental Applications*, Balkema, 137-141.
- BENITO, G. (1989). Geomorfología de la Cuenca Baja del río Gállego. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, 764 p. Zaragoza (Ined.).
- BIRNBAUM, S. J. (1976). Non-marine evaporite and carbonate deposition, Ebro Basin, Spain. Tesis Doctoral, Univ. Cambridge.
- BOMER, M. B. (1954). Trois aspects du contact entre Monts Celtibériques Occidentaux et Bassin de l'Ebre. *Bull. Ass. Geographes Français*, nº 239-240, pp. 35-41.
- BOMER, B. (1957). Vallée du Gállego et de l'Ebre. Livre-guide de l'excursion Pyrénées. V Congr. Int. INQUA. Madrid, pp. 90-107.
- CABRERA, L. y COLOMBO, F. (1986). Las secuencias de abanicos aluviales paleógenos del Montsant y su tránsito a sucesiones lacustres someras (sistemas de Scala Dei y de Los Monegros, sector SE de la Cuenca del Ebro). XI Congreso Español de Sedimentología, Barcelona. Guía de las Excursiones.
- CASAS, A. y BENITO, G. (1988). Deformaciones cuaternarias debidas a procesos diapíricos en la Depresión del Ebro (prov. de Zaragoza, Navarra y La Rioja). II Congreso Geol. de España, Granada. Comunicaciones, vol. 1, pp. 375-378.
- 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.
- CRUSAFONT, M.; RIBA, O. y VILLENA, J. (1966). Nota preliminar sobre un nuevo yacimiento de vertebrados aquitanienses en Santa Cilia (Río Formiga; provincia de Huesca) y sus consecuencias geológicas. *Notas y Comuns. IGME*, nº 83, pp. 7-14.
- CRUSAFONT, M. y PONS, J. M. (1969). Nuevos datos sobre el Aquitaniense del Norte de la provincia de Huesca. *Acta Geológica Hispánica*. 4(5), pp. 124-125.
- 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.; DAAMS, R.; FREUDENTHAL, M.; GABALDON, V.; LACOMBA, J.L.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, N.; SACRISTÁN, M. A. y VEGA, C. (1983). La sucesión de micromamíferos en el Mioceno inferior de España. El proyecto "Ramblense". Publ. del Dep. de Paleontología de la Univ. Compl. de Madrid, pp. 7-12.

- CUENCA, G.; AZANZA, B.; CANUDO, J. I. y FUERTES, V. (1989). Los micromamíferos del Mioceno inferior de Peñalba (Huesca). Implicaciones bioestratigráficas. *Geogaceta*, nº 6, pp. 75-77.
- CUENCA, G., CANUDO, J. I., LAPLANA, C. y ANDRÉS, J.A. (1992). Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geol. Hisp.*, v 27 (1-2), pp. 127-143.
- DAAMS, R. y VAN DER MEULEN, A.J. (1983). Paleoecological interpretation of micromammal faunal successions in the Upper Oligocene and Miocene of Spain. Mediterranean Neogene continental paleoenvironments and paleoclimatic evolution. RCMNS. Interrim.Colloquium, Montpellier.
- DANTÍN, J. (1942). Distribución y extensión del endorreismo aragonés. *Est. Geogr.* 3, 505-595. Madrid.
- DEAN, W. E. y FOUCHE, T. D. (1983). Lacustrine. Carbonate depositional environments. Scholle, P. A.;; Bebout, D. G. y Moore, C.M. editores. AAPG. Tulsa, pp. 97-131.
- DÍAZ, M.; ANDADÓN, P. y DABRIO, C. J. Ciclo de seminarios de sedimentología. Vol. 1. I.G.M.E. p. 194.
- 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 alótromo (E.R.A.) (inédito).
- FOUCHE, T. D. y DEAN, W. E. (1982). Lacustrine Environments. Sandstone depositional environments, Scholle, P.A. y Spearing, D. editores. AAPG. Tulsa, pp. 49-86.
- GALLART GALLEGOS, F. (1977). Los glacis: problemas de nomenclatura, clasificación y génesis (Estudio Bibliográfico). *Acta Geológica Hispánica*, T. XII, M 1/3, pp. 12-17.
- GERDES, G. y KRUMBEIM, W. E. (1987). Biolaminated Deposits. *Lecture Notes in Earth Sciences*, 9, Springer -Verlag, p. 183.
- GONZALEZ, 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.
- GONZALO MORENO, A. N. (1979). La Rioja. Análisis de geomorfología estructural. Resumen de Tesis Doctoral. Publ. Inst. de Estudios Riojanos.
- GONZALO MORENO, A. N. (1981). El relieve de la Rioja. Inst. Est. Riojanos. Logroño, p. 508.

- GRACIA PRIETO, 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 Reunión do Quaternario Ibero*. Lisboa pp. 367-379.
- GRACIA PRIETO, J. F. y SIMÓN GÓMEZ, J. L. (1986). El campo de fallas miocenas de la Bárdena Negra (provs. de Navarra y Zaragoza). *Boletín Geológico y Minero*, T. XCIVI-VI, pp. 693-703.
- GUTIÉRREZ, M.; MELÉNDEZ, A. y SORIANO, A. (1982). Las series terminales neógenas en el sector centromeridional de la Depresión del Ebro y su relación con la morfogénesis. *Boletín Geológico y Minero*, T. XCIII-VI, pp. 465-469.
- GUTIÉRREZ, M.; SIMÓN, J. L. y SORIANO, A. (1983). Tectónica cuaternaria en el área de La Almunia (prov. de Zaragoza). VI Reunion do Grupo Español de Traballo de Quaternario. *Cuadernos do Laboratorio Xerolóxico de Laxe*, 5, pp. 421-428.
- GUTIÉRREZ, M.; SIMÓN, J. L. y SORIANO, A. (1986). Algunos aspectos de la tectónica neógeno y cuaternaria en el sector central de la Depresión del Ebro. *Boletín Geológico y Minero* T.XCVIII-I, pp. 9-21.
- GUTIÉRREZ, M.; RODRÍGUEZ, J. y BENITO, G. (1988). Piping in badlands areas of the middle Ebro Basin *Catena Supplement*, 13, 49-60.
- HIRST, J. P .P. (1983). Oligo-Miocene Alluvial Systems in the Northern Ebro Basin, Huesca Province, Spain. Tesis Doctoral. Univ. Cambridge, 247 p.
- HIRST, J. P. P. y NICHOLS, G. J. (1986). Thrust tectonic controls on Miocene alluvial distribution paterns, southern Pyrenees. *Spec. Publs. Int. Ass. Sediment*, 8, pp.247-258.
- IGME (1975). Estudio geológico y minero del área lignítifera de Calaf (inédito).
- IGME (1975). Proyecto de investigación de radioactivos del área lignítifera y uraninífera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1976). Área lignítifera y uraninífera de Mequinenza (Lérida-Tarragona, Huesca y Zaragoza) (inédito).
- IGME (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).
- IBÁÑEZ, M. J. (1975). El endorreismo del sector central de la Depresión del Ebro. *Cuad. Inv. Geogr.* T. I, pp. 35-48.
- IBÁÑEZ, M. J. (1976). El piedemonte ibérico bajo-aragonés. Estudio geomorfológico. C.S.I.C., Madrid, 523 p.
- IBÁÑEZ, M. J. y MENSUA, S. (1977). Los valles asimétricos de la orilla derecha del Ebro. II Reunión Nac. del Grupo Español de Trab. del Cuatern. Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario, 6, pp. 113-122.
- J.E.N. (1977). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- J.E.N. (1977). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferas de la zona de Solsona-Olot (inédito).
- J.E.N. (1979-81).- Estudio estratigráfico y sedimentológico del borde meridional de la Depresión del Ebro entre Alcañiz y Borges Blanques (Provincias de Teruel, Zaragoza, Lérida y Tarragona) (inédito).
- LARRAGAN, A. de y CASTELL, J. (1952). Explicación del Mapa nº 286 "Huesca", a escala 1:50.000. IGME.
- LOPEZ-MARTÍNEZ, N.; AGUSTÍ, J.; CABRERA, L.; CALVO, J. P.; CIVIS, J.; CORROCHANO, A.; DAAMS, R.; DIAZ, M.; ELIZAGA, E.; ROBLES, F.; SANTISTEBAN, C. y TORRES, T. (1987). Approach to the Spanish continental Neogene synthesis and palaeoclimatic interpretation. *Ann. Inst. Geol. Publ. Hung.* vol. LXX, pp. 383-391. Budapest.
- LLAMAS, M. R. (1959). Las minas de sal gema de Remolinos (Zaragoza) y la geología de sus proximidades. *Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.* LVII, 33-47.
- LLAMAS, R. (1962). Estudio geológico-geotécnico de los terrenos yesíferos de la cuenca del Ebro y los problemas que plantean en los canales. *Bol. Serv. Geol. Obras Públicas*, 12, 192 p. Madrid.
- LLOPIS, N. (1946). Los movimientos corticales intracuaternarios del NE de España. *Estudios Geológicos*, T. II, pp. 181-236.
- MACIAS, I.; DÍAZ MOLINA, M.; ESTRADA, R. y RAMPONE, G. (1986-87). Facies de abanico fluvial en los afloramientos orientales de la Formación Peraltilla. *Acta Geológica Hispánica*, T. 21-22, pp. 19-26.

- MANDADO, J. (1987). Litofacies yesíferas del Sector Aragonés de la Cuenca Terciaria del Ebro. Petrogénesis y Geoquímica. Tesis Doctoral. Univ. Zaragoza. 442 p.
- MARÍN, A. (1945). La Depresión del Ebro. La tectónica y los yacimientos minerales. *Boletín del IGME*, T. LVII, p. 9-57.
- MATA, M. P.; PÉREZ, A. y LÓPEZ AGUAYO, F. (1988). Mineralogía de los depósitos lacustres del Terciario de Borja-La Muela (borde sur de la Depresión del Ebro). *Bol. Soc. Esp. de Mineralogía*, V. 11, parte 2, pp. 2-11.
- MATA, M. P.; PÉREZ, A. y LÓPEZ AGUAYO, F. (1990). Mineralogía del perfil de "La Muela", Terciario del sector central de la Depresión del Ebro (prov. Zaragoza). *Estudios Geológicos*.
- MAURETA, J. y THOS, S. (1881). "Descripción física, geológica y minera de la Provincia de Barcelona". *Mem. Com. Mapa Geol. España*, 487 p.
- MEIN, P. (1975). Report on Activity. RCMNS Working groups. Bratislava, pp. 78-81.
- MELÉNDEZ, A. y SANCHO, C. (1987). Algunas microfacies características de las costras calcáreas de la Depresión del Ebro. AEQUA. VII Reunión sobre el Cuaternario, Santander, pp. 291-294.
- MENSUA, S. e IBÁÑEZ, M. J. (1977). Terrazas y Glacis del Centro de la Depresión del Ebro. III Reunión Nacional Grupo Trabajo Cuaternario, Zaragoza, pp. 3-18, 5 mapas enrollados.
- M.O.P. Estudio previo de terrenos. Corredor del Ebro. Tramo: Fuentes de Ebro-Castejón de Monegros.
- M.O.P. Estudio previo de terrenos. Plan Pirineos. Tramo: Zuera-Basbastro.
- NICHOLS, G. J. (1984). Thrust tectonics and alluvial sedimentation, Aragon, Spain. Tesis Doctoral, Univ. Cambridge, 243 p.
- NICHOLS, G. J. (1987). The Structure and Stratigraphy of the Western External Sierras of the Pyrenees, Northern Spain. *Geological Journal*, vol. 22.
- NILSEN, T. M. (1982). Aluvial Fan Deposits. Sandstone depositional environments, Scholle, P.A. y Spearing, D. editores. AAPG. Tulsa, pp. 49-86.
- ORTI, F. y PUEYO, J. J. (1977). Asociación halita bandeada-anhidrita nodular del yacimiento de Remolinos, Zaragoza (sector central de la Cuenca del Ebro). Nota petrogenética. *Rev. Inv. Geol. Dip. Prov. Barcelona*. T. XXXII, pp. 167-202.
- ORTI, F.; BUSSON, G. et al. (1984).- Revista d'Investigaciones Geologiques. Vol. 38/39. (Volumen especial dedicado a la sedimentación salina actual). Ortí, F. y Busson, G. editores. Fac. de Ciencias Geológicas de la Univ. de Barcelona 235 p.

- ORTI, F.; SALVANY, J. M.; ROSELL, L.; PUEYO, J. J. e INGLÉS, M. (1986).- Evaporitas antiguas (Navarra) y actuales (Los Monegros) de la Cuenca del Ebro. XI Congreso Español de Sedimentología, Barcelona. Guía de las Excursiones.
- ORTI, F.; ROSELL, L.; SALVANY, J. M.; PERMANYER, A. y GARCÍA VEIGAS, J. (1989).- Sedimentología y dia-génesis como criterios de prospección de recursos en el Terciario evaporítico de la Cuenca del Ebro. XII Congreso Español de Sedimentología, Bilbao, Simposios, pp. 253-262.
- PEDROCCHI, C.; IBÁÑEZ, M. J.; ASCASO, A.; PUIGDEFABREGAS, J.; GARCÍA-RUIZ, J. M.; CREUS, J.; GÓ-MEZ, D.; MONTSERRAT, G.; BARRIENTOS, J. A.; VICENTE, M. C.; ESPALDER, X.; VIVES, J. y FALCÓN, J. M. 1986.- Estudio multidisciplinar de la laguna Sariñena (Huesca). *Colección de Estudios Altoaragoneses*, 6, 167 pp. Instituto de Estudios Altoaragoneses, Huesca.
- PEÑA, MONNÉ, J. L. (1983).- La Conca de Tremp y Sierras Prepirenaicas comprendidas entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana. Estudio Geomorfológico. *Instituto de Estudios llerdienses*. Lérida, p. 373.
- PEÑA, J. L. y SANCHO, C. (1988).- Correlación y evolución cuaternaria del sistema fluvial Segre-Cinca en su curso bajo (provs. de Lérida y Huesca). *Cuaternario y Geomorfología*, Vol. 2 (1-4), pp. 77-83.
- PÉREZ, A.; AZANZA, B.; CUENCA, G.; PARDO, G. y VILLENA, J. (1985).- Nuevos datos estratigráficos y paleontológicos sobre el Terciario del borde meridional de la Depresión del Ebro (provincia de Zaragoza). *Estudios geológicos*, 41, pp. 405-411.
- PÉREZ, A.; VILLENA, J. y PARDO, G. (1986-87).- Presencia de estratificación cruzada hummocky en depósitos lacustres del Terciario de la Depresión del Ebro. *Acta Geológica Hispánica*, T. 21-22, pp. 27-33.
- PÉREZ DEL CAMPO, P. y LANZAROTE, A. (1988).- La problemática de los "colapsos kársticos" en las infraestructuras de la Depresión del Ebro. II Congr. Geol. de España, Granada. Comunicaciones, Vol. 2, pp. 333-336.
- PUEYO, J. J. e INGLÉS, M. (1986).- Mineralogía del sustrato, composición de la salmuera intersticial y procesos diagenéticos en las playas de Los Monegros y Bajo Aragón. XI Congreso Español de Sedimentología. Barcelona. p. 138.
- PUIGDEFABREGAS, C. (1975).- La sedimentación molásica en la Cuenca de Jaca. *Monografías del Instituto de Estudios Pirenaicos*, nº 104. N° Extraordinario de Revista Pirineos.
- PUIGDEFABREGAS, C.; MUÑOZ, J. A. y MARZO, M. (1986). Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequence in the southern foreland basins. *Sper. Publs. Int. Ass. Sediment.* 8, pp. 319-336.
- QUIRANTES, J. (1965). Nota sobre las lagunas de Bujaraloz-Sástago. *Geographica*, año 12, pp. 30-34, Zaragoza.

- QUIRANTES, J. y MARTÍNEZ GARCIA, E. (1966). Un tipo de roca poco conocido: Las arenitas yesíferas de los Monegros. *Brev. Geol. Astúrica*, t.11, nº 1-4, pp. 115-126.
- QUIRANTES, J. (1969). Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros. Tesis Doctoral. Univ. Granada. Publicada por la Institución "Fernando El Católico" (CSIC) de la Diputación Provincial de Zaragoza, 1978. 200 p.
- QUIRANTES, J. (1971). Las calizas en el Terciario Continental de Los Monegros. *Estudios Geológicos*, vol. XXVII (4), pp. 355-362.
- RIBA, O. y BOMER, B. (1957). Terrasses et glacis du Bassin de l'Ebre dans la Ribera de Navarra et de la Baja Rioja. Livret guide de l'Excursion N<sub>3</sub>: Villafranquien de Villanta. INQUA. V Cong. Int., pp. 7-10.
- RIBA, O.; VILLENA, J. y QUIRANTES, J. (1967).- Nota preliminar sobre la sedimentación en paleocanales terciarios de la zona Caspe-Chiprana. *Anales de Edafología y Agrobiología*, CSIC, T. 26, núm. 1-14, Madrid, pp. 617-637.
- RIBA, O.; REGUANT, S. y VILLENA, J. (1983).- Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca del Ebro. Libro Jubilar J.M. Ríos. Geología de España, T.2, I.G.M.E., pp. 131-159.
- RODRÍGUEZ VIDAL,, J. (1983). Geomorfología de las Sierras Exteriores Oscenses y su piedemonte. Tesis Doctoral Univ. Zaragoza, 493 p. *Colección de Estudios Altoaragoneses*, 4, 172 p.
- RODRÍGUEZ VIDAL,, J. y VILCHEZ, J. (1984). Precisiones cronológicas sobre las terrazas inferiores del río Ebro en Zaragoza. I Congr. Esp. de Geología, Segovia, T.1, pp. 553-559.
- RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1986). Deformaciones recientes en los depósitos cuaternarios de la Puebla de Alfindén (Zaragoza). *Boletín Geológico y Minero*, T. XCVII-I, pp 3-8.
- ROYO Y GÓMEZ, J. (1926). Tectónica del Terciario continental ibérico. Comptes Rendus del XIV Congr. Geol. Int. España. T. II, pp. 593-623.
- SAEZ, A. y PUEYO, J. J. (1986). Depósitos de playa-lake en el tránsito Eoceno-Oligoceno de la Cuenca del Ebro. XI Congreso Español de Sedimentología, Barcelona, pp. 156.
- SALVANY, J. M. (1989). Ciclos y megaciclos evaporíticos en las formaciones Falces y Lerín, Oligoceno-Mioceno inferior de la Cuenca del Ebro (Navarra-La Rioja). XII Congreso Español de Sedimentología, Bilbao. Comunicaciones, pp. 83-86.
- SANCHO, C.; GUTIÉRREZ, M.; PEÑA, J. L. y BURILLO, F. (1988). A quantitative approach to scarp retreat starting from triangular slope facets, central Ebro Basin, Spain. *Catena Supplement*, 13, 139-146.
- SIMÓN, J. L. y PARICIO, J. (1988). Sobre la compresión neógena en la Cordillera Ibérica. *Estudios Geológicos*, 44, pp. 271-283.

- SIMÓN, J. L.; GIL PEÑA, I. y CASAS, A. (1989). La fracturación distensiva cuaternaria en el sector occidental de la Cuenca del Ebro. II Reunión Cuaternario Ibérico, Madrid. Resúmenes, p. 56.
- 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.
- SOLE SABARIS, L. (1953). Terrazas cuaternarias deformadas de la Cuenca del Ebro. *Mem. R. Acad. Ciencias y Artes. Barcelona*, Vol. XXXI, nº 7, pp. 237-259.
- SORIANO, A. y GUTIÉRREZ, M. (1983). Notas geomorfológicas de la región Muel-Fuentetodos (prov. Zaragoza). *Bol. R.Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)*, 81, (1-2), 99-110.
- SORIANO, M. A. (1988). Superficies de erosión finiterciarias desarrolladas al S y SW de Zaragoza. *Acta Geol. Hisp.*, V. 23, nº 1, pp. 39-46.
- SORIANO, M. A. (1988). Dolinas aluviales y su impacto ambiental en las proximidades de Zaragoza. II Congr. Geol. de España, Granada. Comunicaciones, Vol. 2, pp. 495-498.
- TORRAS, A. y RIBA, O. (1968). Contribución al estudio de los limos yesíferos del centro de la Depresión del Ebro. *Brev. Geol. Astúrica*, 11, 125-137, Oviedo.
- VERGES, J.; PUJADAS, J.; MARTÍNEZ, A., y MUÑOZ, J. A. (1989). Discordancias y discontinuidades en las cuencas de antepaís: causas tectónicas y variaciones del nivel del mar. XII Congreso Español de Sedimentología, Leisa-Bilbao. Comunicaciones, pp. 227-230.
- VERNEUIL, E. y COLOMB, E. (1868). "Carte Géologique de l'Espagne et du Portugal. Échelle 1:250.000, 2ème ed.". París.
- ZUIDAM, R. A. VAN; ZUIDAM-CANCELADO, F. I. VAN Y DONKER, N. M. W. (1975). Geomorfología de la gravera Zamoray (Garrapinillos-Zaragoza). *Acta Geológica Hispánica*. Barcelona.
- ZUIDAM, R. A. VAN (1976).- Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain. Int. Inst. of Aerial Survey and Earth Sc. (ITC), Enschede, 211 p.
- ZUIDAM, R. A. VAN; (1980).- Un levantamiento geomorfológico de la región de Zaragoza. *Geographicalia*, nº 6, pp. 103-134, 4 figs., Zaragoza.