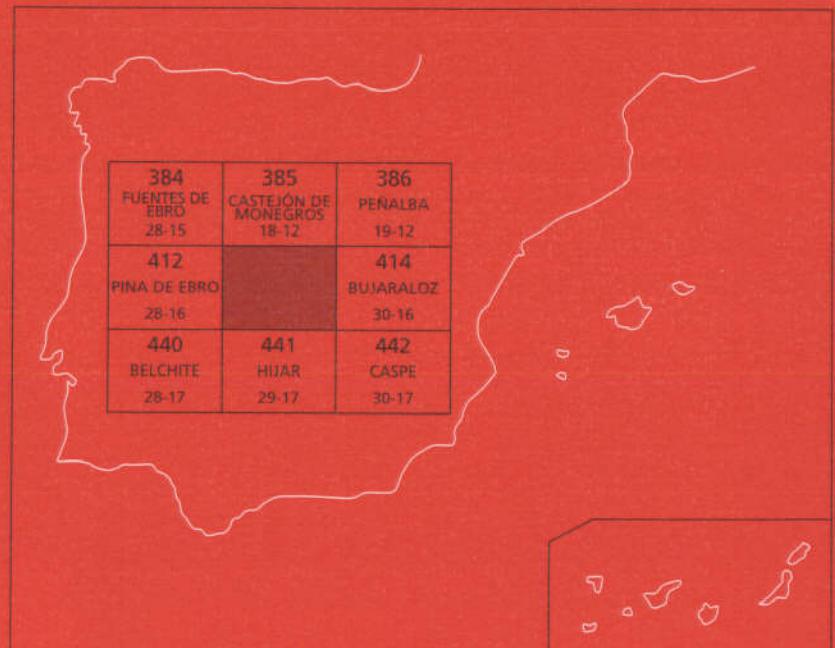




## MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



# GELSA



# **MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA**

**Escala 1:50.000**

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

# **GELSA**

© INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M-25-321-1997

ISBN: 84-7840-299-3

NIPO: 241-96-007-6

Fotocomposición: Cartografía Madrid, S. A.

Impresión: Hispagraphis, S. A.

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Gelsa (413) han sido realizados, durante 1991 y 1992 por la Compañía General de Sondeos S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

**Mapa Geológico:** J.I. Ramírez Merino (CGS)

**Mapa Geomorfológico:** J.I. Ramírez Merino (CGS)

**Memoria \*:**

Estratigrafía: J.I. Ramírez Merino (CGS)

Geomorfología: J.I. Ramírez Merino (CGS)

Tectónica: J.I. Ramírez Merino (CGS)

Neotectónica: J.L. Simón (Univ. Zaragoza)

Hidrogeología: J.C. González Llamazares (CGS)

Geología Económica: A. García Villar (CGS)

Geotecnia: A. Hernández Samaniego (CGS)

Han colaborado en aspectos parciales:

Sedimentología de laboratorio: H. Pascual Muñoz (CGS)

Micropaleontología: J. Ramírez del Pozo

Micromamíferos: G. Cuenca (Univ. Zaragoza)

**Dirección del Estudio:** A. Barnolas y A. Robador

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

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

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

## Í N D I C E

|   | <i>Páginas</i> |
|---|----------------|
| 0. INTRODUCCION .....   | 9              |
| 1. ESTRATIGRAFIA .....  | 11             |
| 1.1. TERCIARIO .....  | 12             |
| 1.1.1. Unidad de Mequinenza-Ballobar .....  | 12             |
| 1.1.1.1. Arcillas ocres y naranjas con intercalaciones de areniscas y niveles calcáreos centimétricos (1). Chattiense ..... | 16             |
| 1.1.1.2. Calizas en bancos y yesos tabulares (2). Chattiense .....  | 18             |
| 1.1.1.3. Calizas en bancos delgados y margas verdosas (3). Chattiense.  | 20             |
| 1.1.2. Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca.....  | 20             |
| 1.1.2.1. Yesiarenitas en paleocanales y arcillas rojas (4). Chattiense-Ageniense .....                                      | 23             |
| 1.1.2.2. Arcillas rojas con nódulos yesíferos e intercalaciones de areniscas y calizas (5). Chattiense-Ageniense.....       | 25             |
| 1.1.2.3. Calizas en bancos delgados (6). Chattiense-Ageniense .....   | 26             |
| 1.1.3. Unidad Galocha-Ontiñena.....   | 26             |
| 1.1.3.1. Areniscas en paleocanales y arcillas anaranjadas (7). Ageniense.   | 28             |
| 1.1.3.2. Arcillas anaranjadas con intercalaciones de areniscas y calizas (8). Ageniense.....                                | 29             |
| 1.1.3.3. Margas grises con intercalaciones delgadas de calizas y yesos (9). Ageniense.....                                  | 29             |
| 1.1.3.4. Calizas tableadas con intercalaciones de arcillas anaranjadas. (10). Ageniense.....                                | 30             |
| 1.1.4. Unidad de Bujaraloz-Sariñena .....   | 31             |
| 1.1.4.1. Arcillas ocres y naranjas con delgadas intercalaciones carbonatadas y yesíferas (11). Ageniense-Aragoniente.....   | 31             |
| 1.1.4.2. Calizas tableadas (12). Ageniense-Aragoniente .....  | 33             |

|   |    |
|---|----|
| 1.1.4.3. Yesos verdes con intercalaciones calcáreas (13) Ageniense-Aragoniente? .....   | 33 |
| 1.1.4.4. Arcillas rojizas con intercalaciones de yesos rojos (14) Ageniense-Aragoniente? .....  | 34 |
| 1.1.4.5. Margas yesíferas grises con intercalaciones de yesos (15) Aragoniente .....  | 34 |
| 1.1.4.6. Yesos tabulares y nodulares con intercalaciones de margas yesíferas grises (16). Aragoniente .....   | 35 |
| 1.1.5. Unidad de Remolinos-Lanaja .....   | 35 |
| 1.1.5.1. Margas grises con nódulos de yeso (17). Aragoniente.....   | 37 |
| 1.2. CUATERNARIO .....  | 37 |
| 1.2.1. Cantos y gravas redondeadas (18, 19, 20, 21, 22, 24 y 28). ....  | 37 |
| Terrazas. Pleistoceno-Holocene.....   | 38 |
| 1.2.2. Gravas angulosas en matriz arcillo-margosa. (23). Glacis. Pleistoceno .....  | 38 |
| 1.2.3. Cantos y gravas calcáreas en matriz arcillosa (25). Conos de deyección. Gravas y cantos calcáreos en matriz arcillo-margosa (27). Depósitos aluvial-coluvial. Cantos y gravas en matriz arcillosa (29). Coluviones. Holocene ..... | 38 |
| 1.2.4. Arcillas y limos con sales (26). Fondos endorreicos. Holocene.....   | 38 |
| 1.2.5. Gravas, arenas, limos y arcillas (30). Barras del río Ebro, aluviales y fondos de vale. Holocene.....  | 39 |
| 2. TECTONICA.....   | 39 |
| 2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL.....  | 39 |
| 2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA.....  | 40 |
| 2.3. EVOLUCION TECTONICA .....  | 41 |
| 2.4. NEOTECTONICA .....   | 42 |
| 3. GEOMORFOLOGIA .....  | 44 |
| 3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA .....   | 44 |
| 3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO .....  | 45 |
| 3.2.1. Estudio morfoestructural .....   | 45 |
| 3.2.2. Estudio del modelado .....   | 46 |
| 3.2.2.1. Laderas .....  | 46 |
| 3.2.2.2. Formas fluviales.....  | 46 |
| 3.2.2.3. Formas poligénicas .....   | 48 |
| 3.2.2.4. Formas kársticas.....  | 48 |
| 3.2.2.5. Formas lacustres.....  | 49 |
| 3.2.2.6. Formas antrópicas .....  | 49 |
| 3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES.....   | 49 |
| 3.4. EVOLUCION DINAMICA .....   | 49 |
| 3.5. MORFOLOGIA ACTUAL Y SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS .....   | 50 |
| 4. HISTORIA GEOLOGICA.....  | 51 |
| 5. GEOLOGIA ECONOMICA .....   | 53 |
| 5.1. RECURSOS MINERALES .....   | 53 |

|   |    |
|---|----|
| 5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos .....                         | 53 |
| 5.1.2. Rocas industriales.....  | 53 |
| 5.2. HIDROGEOLOGIA .....  | 64 |
| 5.2.1. Climatología .....   | 66 |
| 5.2.2. Hidrología .....   | 66 |
| 5.2.3. Características hidrogeológicas.....                             | 66 |
| 5.2.3.1. Depósitos aluviales del Ebro .....                             | 66 |
| 5.2.3.2. Otros depósitos cuaternarios.....                              | 67 |
| 5.2.3.3. Materiales terciarios .....                                    | 67 |
| 5.2.4. Hidrogeoquímica.....   | 68 |
| 5.3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES.....                         | 68 |
| 6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.) . | 72 |
| 7. GEOFISICA Y SONDEOS .....  | 74 |
| 8. BIBLIOGRAFIA .....   | 75 |

## **0. INTRODUCCION**

La hoja de Gelsa (29-16) se encuentra situada en el sector central de la Depresión del Ebro, correspondiendo en su mayor parte a la provincia de Zaragoza, a excepción del extremo suroccidental que administrativamente pertenece a Teruel. Forma parte de la zona más meridional de la región de Los Monegros.

Orográficamente la hoja se caracteriza por su gran planitud, variando altitudinalmente desde los 417 m del vértice Purburell a los 135 m del cauce del río Ebro en el meandro de Sástago, en la zona centro-meridional de la misma. La altitud media puede estimarse entre los 200 y 300 m.

El único curso fluvial permanente de la región es el río Ebro, que atraviesa la hoja en una dirección sensiblemente NNO-SSE, para en el mismo borde meridional, tomar una dirección O-E dando lugar a los espectaculares meandros de Cinco Olivas, Alborge y Sástago.

El resto del área está drenada por una red de valles de fondo plano -denominados localmente como "vales"- de los cuales los más importantes son los barrancos de Gelsa, Lopín y Valcenicero. El funcionamiento de estos cursos es esporádico, ocurriendo exclusivamente en épocas de altas precipitaciones.

El clima de la región es moderado, con temperaturas medias anuales de 15° C y precipitaciones medias anuales inferiores a los 400 mm, correspondiendo a un clima mediterráneo continental templado con tendencia semiárida. En invierno son frecuentes las nieblas y heladas mientras que en verano se padece una fuerte insolación.

La economía de la zona es principalmente agrícola, y está basada en el cultivo de cereales de secano. La Vega del río Ebro, que alcanza hasta 5 km de ancho en la esquina NO de la hoja, constituye prácticamente el único sector ocupado por cultivos de regadio. Importancia secundaria presenta la ganadería, básicamente ovina, que aprovecha tanto las rastrojeras de los cereales de secano como las zonas de matorral en los sectores no cultivados de la región. Sólo en los pueblos más importantes -Gelsa, Pina, Quinto de Ebro- existen pequeñas industrias de los sectores primario y secundario.

La densidad de población es muy baja, estando despoblada prácticamente la totalidad de la hoja y concentrándose los núcleos de población en las proximidades del río Ebro. La localidad con mayor número de habitantes es Quinto de Ebro, con 2.331.

Geológicamente la región forma parte del sector central de la Cuenca del Ebro. Esta cuenca se configura como una cuenca de antepaís, relacionada con la evolución del orógeno pirenaico (PUIGDEFABREGAS *et al.*, 1986), actuando, en este área, como centro de depósito de materiales continentales procedentes del desmantelamiento de las cordilleras circundantes: del Pirineo, situado al norte, y de la Cordillera Ibérica, situada hacia el sur y suroeste.

Los materiales representados en la hoja tienen una edad comprendida entre el Oligoceno superior y el Mioceno medio, además de los diversos depósitos cuaternarios entre los que destacan las terrazas asociadas al río Ebro y los rellenos de los valles de fondo plano o "vales". Los sedimentos terciarios están litológicamente formados por alternancia de materiales detrítico-carbonatados -arenas, arcillas, margas y calizas- dominantes en la mitad suroccidental de la hoja, y evaporitas -yesos y margas yesíferas- dominantes en la mitad nororiental de la misma. La procedencia de los aportes detríticos es predominantemente meridional -Cordillera Ibérica- situándose, por tanto, las facies más proximales hacia la zona SE de la misma y ganando en distalidad hacia el NO de la hoja a lo largo de toda la sucesión estratigráfica.

La estructura de la hoja es muy sencilla, teniendo los materiales una disposición subhorizontal y estando afectados por algunas fallas directas de pequeño salto y/o diaclasas de dirección dominantemente NO-SE, a favor de las cuales se encajan los valles de fondo plano y se orientan preferentemente las depresiones kársticas que abundan en el cuadrante SE.

La conjunción de dichos factores litológicos y estructurales origina un modelado con marcado control estructural, con desarrollo de extensas superficies soportadas por los niveles calizos. El área septentrional, con mayor predominio de materiales yesíferos, da lugar a relieves alomados disectados por las "vales" o valles de fondo plano.

Entre los trabajos previos relativos a la cartografía geológica de la Cuenca endorreica del Ebro cabe citar a los de RIBA (1955 y 1961) para el sector occidental de la Cuenca (Corredor de la Bureba y subcuenca de Miranda y de Treviño), el de QUIRANTES (1969, publicado en 1978) para el sector central de la Cuenca, los de la J.E.N. (1977) para la mitad septentrional de los sectores central y oriental de la Cuenca, los del IGME (1975, 1985) en las cuencas lignitíferas de Calaf y Mequinenza, el de la J.E.N. (1979-81) para el sector sur-oriental. Trabajos posteriores IGME (1981) y ENRESA (1989) representaron, desde la perspectiva que nos ocupa, reelaboraciones de las cartografías geológicas anteriormente citadas, con aplicación de nuevos criterios cartográficos pero sin un trabajo de campo considerable, o bien, en otros casos aportaciones cartográficas importantes de áreas (lacustres) más localizadas (IGME, 1975, 1976, 1985, 1986, 1987; ENADIMSA, 1984). Por el contrario las hojas MAGNA elaboradas con posterioridad a las Hojas piloto, especialmente las de Cataluña (Pons, Cardona, Puigreig, Calaf) constituyen valiosas aportaciones al conocimiento estratigráfico y sedimentológico de sus materiales.

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

Para el estudio geológico de la hoja se han levantado un total de seis columnas estratigráficas que han respaldado la realización de la cartografía geológica. Se han realizado, además, los estudios habituales de sedimentología, tectónica y geomorfología. Se ha procedido, también, a un extensivo muestreo de las facies más favorables para localizar micromamíferos que permitieran datar las unidades cartografiadas, aunque no se ha podido localizar ningún yacimiento nuevo.

## 1. ESTRATIGRAFIA

Como se ha señalado en el capítulo anterior, en la hoja de Gelsa se encuentran representados materiales pertenecientes a los Sistemas Terciario y Cuaternario. Los sedimentos terciarios fueron depositados entre el Oligoceno superior (Chattense) y el Mioceno medio (Aragonense).

Litológicamente, la hoja puede dividirse en dos dominios distintos. La zona meridional está constituida por alternancias de tramos detríticos; las areniscas son dominantes en el sector suroriental, y las arcillas y limos con delgados niveles calcáreos en el resto. La zona septentrional está formada por yesos nodulares y tabulares alternantes con margas yesíferas y arcillas.

De esta forma, en los términos más inferiores de la sucesión estratigráfica existe una evolución gradual de facies que tiene lugar desde el cuadrante suroriental donde se localizan las facies detríticas más proximales hasta la zona noroccidental, donde se desarrollan los materiales margo-calcáreos y evaporíticos correspondientes a las facies distales de ambientes lacustre-palustres. El sistema deposicional aluvial que ha proporcionado los aportes sedimentarios tiene, pues, procedencia Ibérica, localizándose el área preferente de aportes hacia el actual río Martín, que atraviesa la vecina hoja de Híjar. Los términos superiores de la serie terciaria, básicamente de naturaleza evaporítica, corresponden a las zonas lacustres más distales del sistema deposicional aluvial de Huesca (HIRST y NICHOLS, 1986), de procedencia pirenaica.

Estos materiales se disponen en la hoja de Gelsa con una ordenación vertical rítmica. Cada uno de estos ritmos está constituido por sedimentos aluviales de carácter proximal a distal en la base, y por sedimentos de ambientes lacustre-palustres tanto carbonatados como evaporíticos hacia techo. El límite inferior de los ritmos es neto y brusco, mientras que el tránsito de los sedimentos aluviales basales a los superiores lacustres dentro de cada ritmo se produce de forma gradual.

El estudio de esta ritmidad ha permitido distinguir dentro de la hoja, cinco secuencias que se han denominado como unidades genético-sedimentarias que se extienden a lo largo de

decenas de kilómetros en áreas próximas y presentan espesores que oscilan de varias decenas a más de un centenar de metros. Los límites de estas unidades genético-sedimentarias se han diferenciado en la cartografía con el fin de facilitar la correlación de las mismas a lo largo de un amplio sector de la Cuenca del Ebro.

Esto ha permitido diferenciar dichas unidades genético-sedimentarias tanto en los sectores más cercanos a los bordes de la cuenca, donde existe un predominio de facies detríticas, como en las áreas de centro de cuenca donde todo el sedimento presente corresponde a facies de lago salino y margen de lago salino.

Desde este punto de vista, se han diferenciado en el sector central y oriental de la Cuenca del Ebro un total de veinte unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendida desde el Priaboniense superior al Aragoniense-Vallesiense, de las cuales sólo cinco llegan a aflorar en la hoja de Gelsa y tienen una edad Oligoceno superior a Aragoniense. Estas unidades reciben, de base a techo, los nombres de: Unidad Mequinenza-Ballobar, Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, Unidad Galocha-Ontiñena, Unidad Bujaraloz-Sariñena y Unidad Remolinos-Lanaja (ver figura 1).

La totalidad de los materiales que conforman estas unidades son equivalentes a parte de la Formación Zaragoza (Miembro Yesos de Retuerta); Formación Alcubierre (Miembros Calizas de Bujaraloz y Sástago) y Formación Caspe (Miembro Areniscas de Escatrón) de Quirantes (1969) (ver figura 1).

En la figura 2 puede observarse la evolución espacial de estas unidades en el sector de Los Monegros, mientras que en la figura 3 se observa el ensayo de correlación entre dichas unidades y las unidades tectosedimentarias (UTS) definidas por PEREZ *et al.* (1988) y ARENAS Y PARDO (1991).

Por último, en el ámbito de la hoja de Gelsa alcanzan gran desarrollo las formaciones cuaternarias, principalmente en la mitad oeste, donde tienen una amplia representación superficial los diversos niveles de terraza asociados al curso del río Ebro. En el resto de la hoja los depósitos de valles de fondo plano ("vales") y coluviones son los más frecuentes, así como los fondos endorreicos asociados a las numerosas lagunas desarrolladas en el cuadrante suroriental.

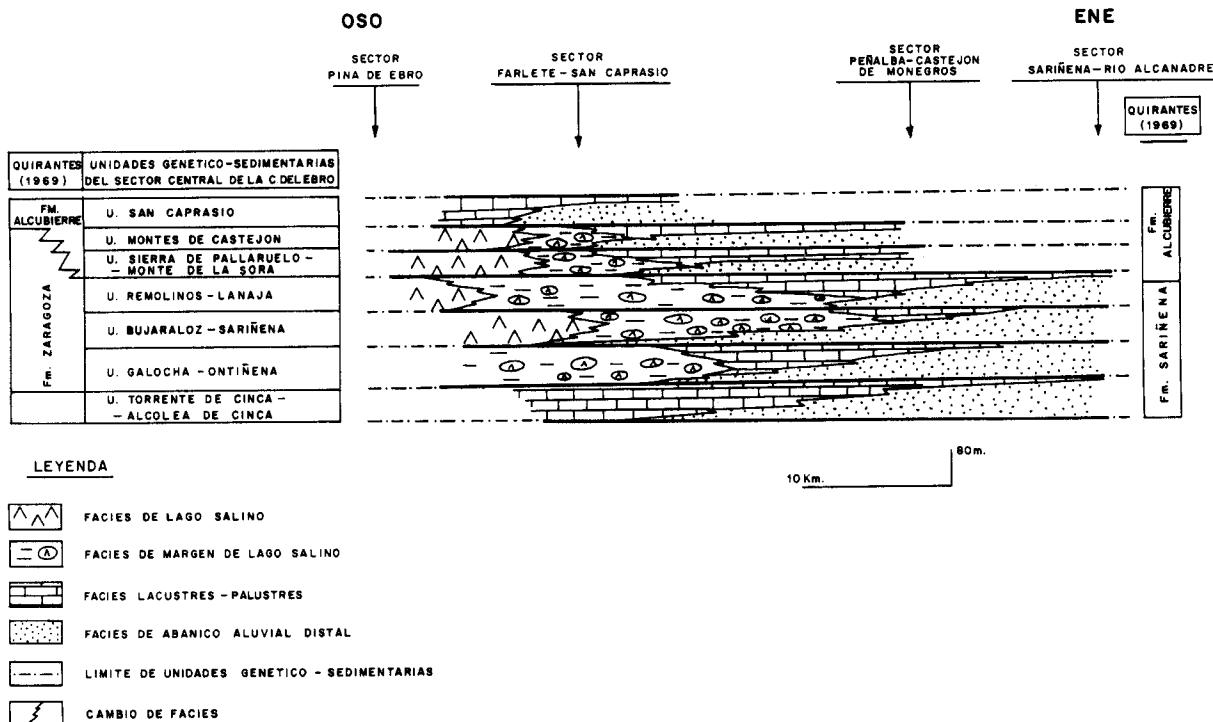
## 1.1. TERCIARIO

### 1.1.1. **Unidad de Mequinenza-Ballobar**

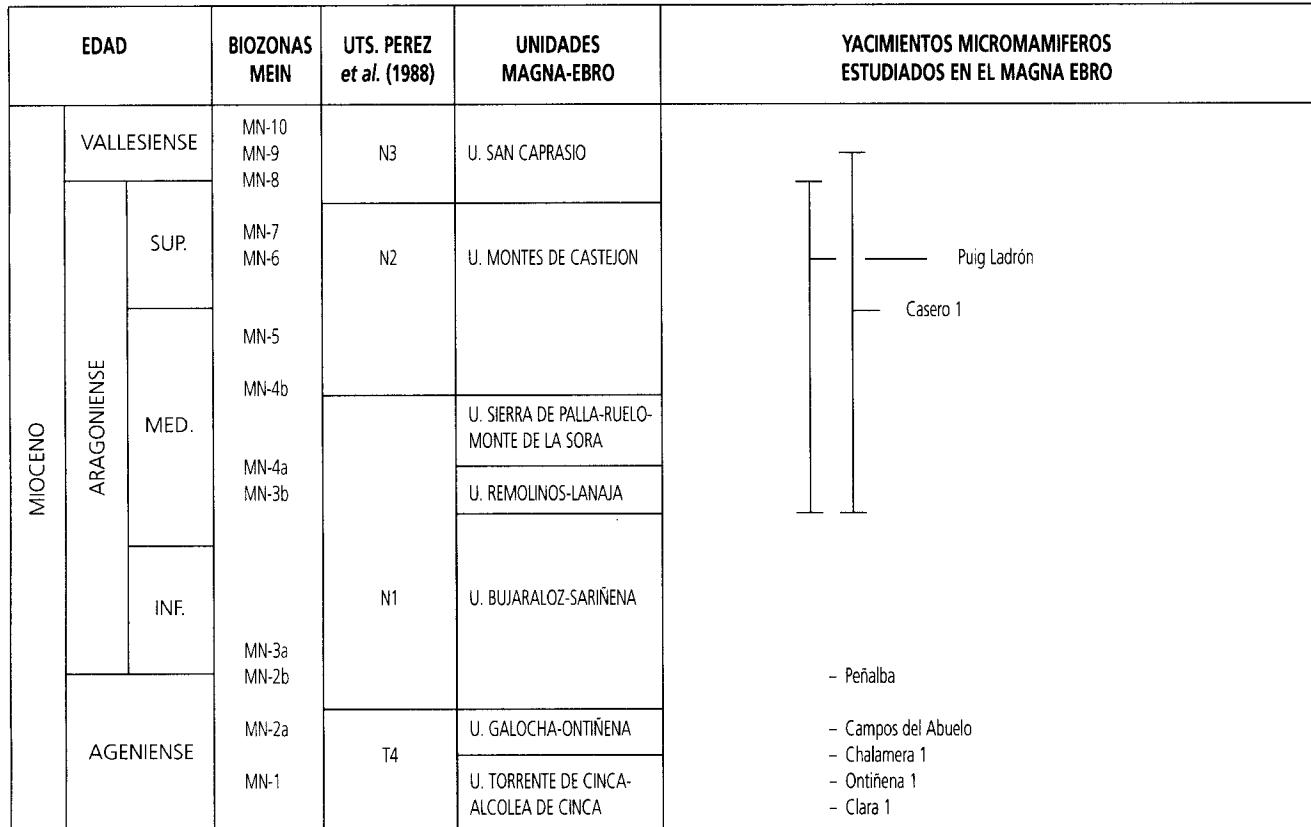
Esta unidad ha sido caracterizada en sus facies proximales de carácter detrítico en la zona de Ballobar, situada en la hoja 1:50.000 de Fraga (387) y en sus facies más distales en la zona de Mequinenza (hoja 415). En general se trata de una unidad detrítica que evoluciona hacia techo a condiciones lacustre-palustres carbonatadas, siendo éstas predominantes en el segundo de los sectores citados. La figura 4 representa la distribución de facies de la misma en el sector centro-oriental de la Cuenca del Ebro.

| EDAD      |            |             | UNIDADES GENETICO SEDIMENTARIAS | UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS<br>Quirantes (1969) | DESCRIPCION DE LAS LITOLOGIAS<br>HOJA DE GELSA   | YACIMIENTOS PALEONTOLOG.             |
|-----------|------------|-------------|---------------------------------|--|--|--------------------------------------|
| SERIE     | PISO       | U. MEIN     |                                 |  |  |                                      |
| OLIGOCENO | CHATTIENSE | ARAGONIENSE | MN-4a                           | U. REMOLINOS-LANAJA                              | 17. Margas grises con nódulos de yeso.<br>16. Yesos tabulares y nodulares con intercalaciones margosas.<br>15. Margas yesiferas grises con yesos tabulares-nodulares.<br>14. Arcillas rojas.<br>13. Yesos tabulares.<br>12. Calizas.<br>11. Arcillas con intercalaciones de calizas y yesos.<br><br>10. Calizas y arcillas con intercalaciones arcillosas.<br>9. Margas grises con intercalaciones de calizas y yesos.<br>8. Arcillas anaranjadas con intercalaciones areniscosas.<br>7. Areniscas en paleocanales y arcillas anaranjadas.<br><br>6. Calizas tableadas.<br>5. Arcillas con intercalaciones areniscosas.<br>4. Areniscas en paleocanales y arcillas rojas.<br><br>3. Calizas y margas.<br>2. Calizas y yesos tabulares.<br>1. Arcillas y areniscas. | – Peñalba<br><i>Ritteneria manca</i> |
|           |            |             | MN-3b                           | U. BUJARALOZ-SARIÑENA                            |  |                                      |
|           |            |             | MN-3a                           | U. GALOCHA-ONTIÑENA                              |  |                                      |
|           |            |             | MN-2b                           | U. TORRENTE DE CINCA-ALCOLEA DE CINCA            |  |                                      |
|           |            |             | MN-2a                           | U. MEQUINENZA-BALLOBAR                           |  |                                      |
|           |            |             | MN-1                            |  |  |                                      |

Fig. 1. Cuadro sintético de los materiales oligo-miocenos de la hoja de Gelsa



*Fig. 2. Modelo secuencial de las unidades genético-sedimentarias en el sector de Los Monegros*



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

En la hoja de Gelsa está formada por una sucesión de naturaleza arcillosa con delgados niveles de areniscas que presenta una intercalación de 20 m de calizas alternantes con niveles de yesos tabulares y culmina con una alternancia de calizas y margas. Su base no llega a aflorar en el ámbito de la hoja.

La presente Unidad genético-sedimentaria corresponde al miembro Sástago de la Formación Alcubierre de QUIRANTES (1969).

#### 1.1.1.1. *Arcillas ocres y naranjas con intercalaciones de areniscas y niveles calcáreos centimétricos (1). Chattienense*

Es la unidad cartográfica más antigua que aflora en la hoja, encontrándose circunscrita a las laderas que enmarcan el amplio valle del río Ebro en la mitad meridional de la misma. Está dividida en dos tramos separados por el nivel cartográfico número 2. Se ha estudiado en las secciones de Sástago y Cinco Olivas, ambas situadas dentro de la vecina hoja de Híjar (441) e inmediatas al borde meridional de la hoja de Gelsa.

Su parte más baja tiene una potencia de 13 m en la serie nº 2 (Sástago) y 7 m en la nº 1 (Cinco Olivas); y está compuesta por yesiarenitas de grano fino y medio estratificadas en bancos de 0'5 a 1'5 m, alternantes con niveles decimétricos de arcillas ocres y rojizas con abundantes nódulos de yeso secundario incluidos.

El tramo superior presenta 39 m de espesor en ambas series. Litológicamente está formado por arcillas anaranjadas y ocres con abundantes nódulos de yeso secundario, fibroso y alabastriño, de 1 a 10 cm de diámetro. Presentan intercalaciones de areniscas yesíferas de grano medio y fino en bancos de hasta 1,5 m de potencia, así como niveles centimétricos poco numerosos de calcisiltitas beiges y yesos en niveles tabulares de hasta 20 cm de espesor y escasa continuidad lateral. Puede advertirse un aumento tanto del número como del espesor de los canales yesíareníticos en la sección de Sástago, la más oriental, señalando una evolución de la distalidad de la misma desde la esquina SE hacia el O y NO de la hoja. (Ver figura 5).

Al microscopio, las yesiarenitas presentan porcentajes comprendidos entre un 50 y un 70% de granos de yeso, con matriz carbonatada y cemento yesífero. Algunas muestras son areniscas formadas por cuarzo y fragmentos de calizas. Los niveles calcáreos corresponden a micritas.

Los niveles yesíareníticos de esta unidad tienen generalmente bases canalizadas, a veces con depósitos residuales (*lags*) de cientos blandos. Las estructuras sedimentarias que pueden observarse en su interior son laminaciones cruzadas planares y/o en surco y *ripples* de corriente en los techos de los mismos, que en ocasiones son de tipo *climbing ripples*. También se aprecian superficies de reactivación, y localmente morfologías de tipo *point-bar*. (Ver figura 6-A y B)

Los delgados niveles carbonatados suelen presentar una bioturbación moderada, debida en ocasiones a huellas de raíces. Eventualmente contienen caráceas y restos de gasterópodos.

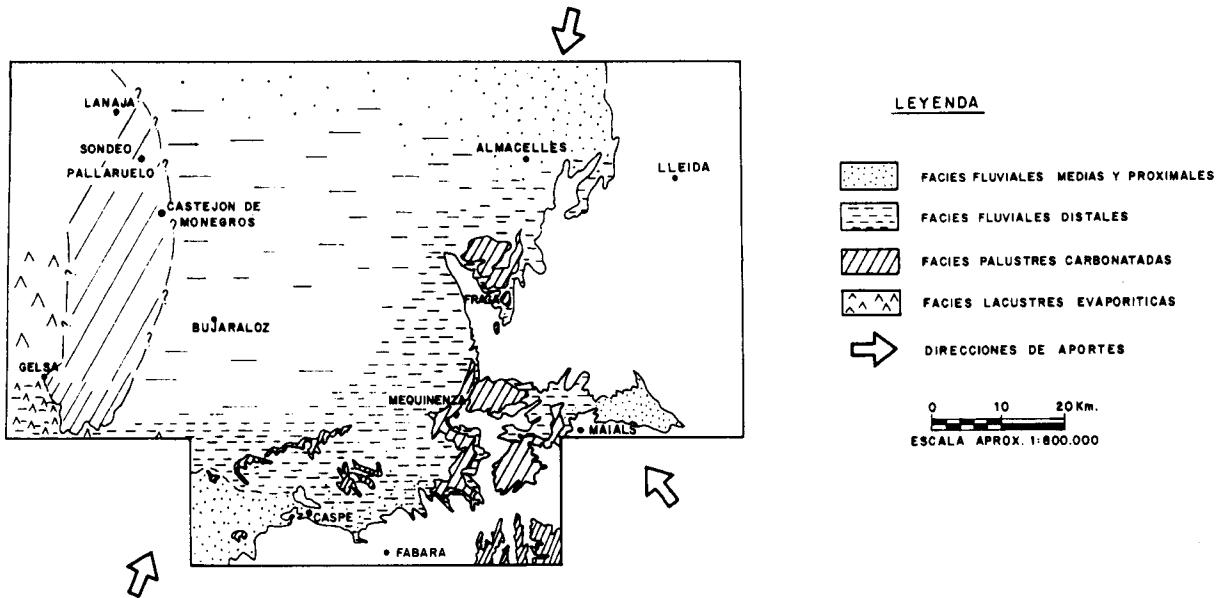


Fig. 4. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Mequinenza-Ballobar

En conjunto se interpretan estos sedimentos como correspondientes a zonas medio-distales de un sistema de abanicos aluviales, con desarrollo de canales fluviales de tipo meandriforme, lutitas de llanura de inundación y niveles carbonatados correspondientes a zonas de encarcamiento.

Entre los fósiles clasificados en esta unidad pueden citarse caráceas como *Hornichara lagenalis* (STRAUB) HUANG y XU, *Chara microcera* GRAMB. y PAUL y *Rhabdochara cf. praelangeri* CASTEL, además de ostrácodos como *Candonia cf. procera* STRAUB y *Ostrácodo sp.* RAMIREZ, que son concordantes con la edad Oligoceno superior (Chattiene) que se atribuye a la unidad por correlación con otros sectores de la Cuenca del Ebro.

#### 1.1.1.2. Calizas en bancos y yesos tabulares (2). *Chattiene*

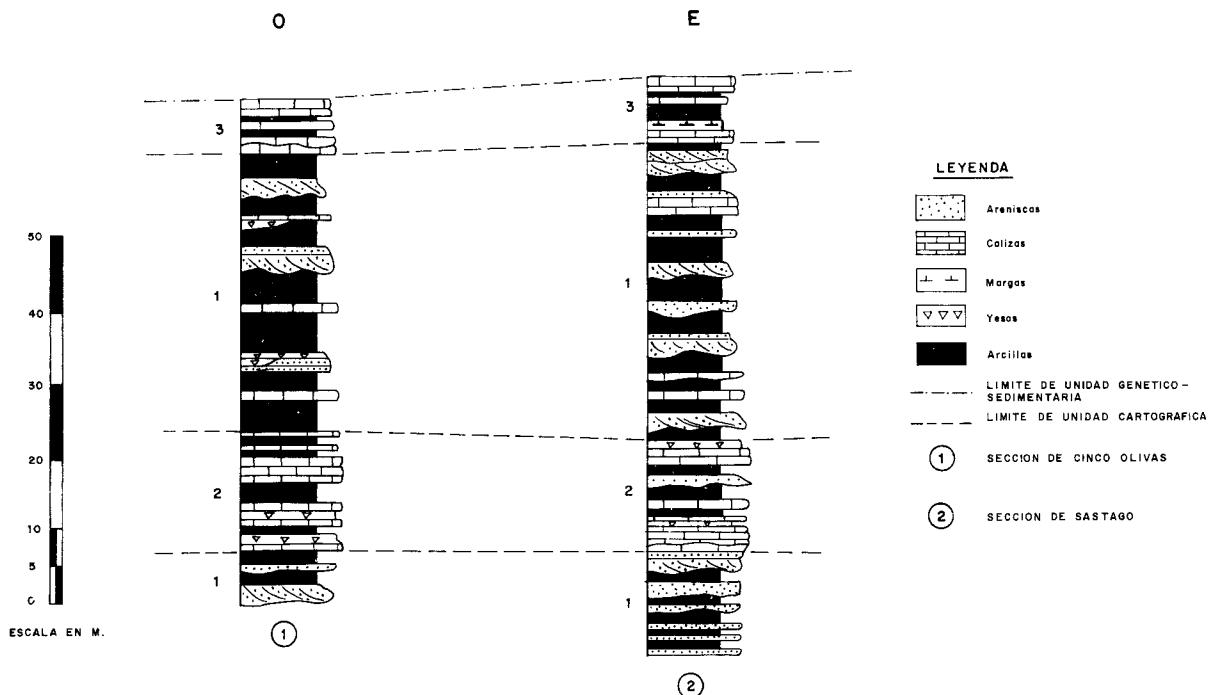
La presente unidad cartográfica se extiende por los mismos sectores de la hoja de Gelsa que la anterior, ya que está incluida dentro de ella. Morfológicamente suele dar un pequeño resalte a lo largo de las laderas inmediatas a la llanura aluvial del Ebro. Se ha estudiado así-mismo en las secciones de Sástago y Cinco Olivas. (Ver figura 5).

En la sección de Sástago tiene 16 m de espesor, de los cuales los 5,5 m inferiores son calizas micríticas en bancos de 10-50 cm, con juntas margosas y alguna pequeña intercalación de yeso tabular alabastrino, seguidos por 5 m de canales yesiareníticos de grano medio y hasta 1,5 m de espesor y arcillas anaranjadas, terminando en una alternancia de calcisiltitas tableadas y yesos alabastrinos de tonos verdosos en bancos de hasta 0,5 m. En la sección de Cinco Olivas, más occidental, las facies pierden componente detrítico, estando formadas por 15,5 m de calizas micríticas de tonos beige y crema, en capas de 0,1-0,3 m con juntas de margas grises. Intercalan niveles de arcillas rojas y verdosas con abundantes nódulos de yesos secundarios alabastrinos y/o fibrosos, y escasos niveles de hasta 10 cm de espesor de yesos laminares y de yesiarenitas de grano fino. El techo de la unidad localmente puede presentar una superficie ferruginosa endurecida.

Petrológicamente las calizas son micritas y biomicritas con texturas *mudstone-wackestone* con restos de ostrácodos y fantasma de carofitas. Presentan porosidad vacuolar (*vug*) rellena de yeso secundario.

Los niveles carbonatados por lo general presentan estratificación ondulada originada por *ripples* de oscilación (oleaje), y una bioturbación de moderada a fuerte en los techos de las capas, en los que ocasionalmente se reconocen huellas de raíces. Se organizan en secuencias de 20 a 50 cm de espesor formadas por margas grises en la base, calizas *mudstone* con *ripples* de oleaje y calizas bioturbadas a techo. Estas calizas pueden también presentar algún nivel con nódulos de silex o moldes de cristales de yeso. Los canales yesiareníticos tienen bases erosivas, y las estructuras sedimentarias que se observan en su interior son laminaciones cruzadas planares, con *ripples* de corriente en el techo de los mismos. Algunos niveles centimétricos de yesiarenitas de grano fino, correspondientes a depósitos de desbordamiento, presentan bases planas y *ripples* de corriente en el techo.

El conjunto de la presente unidad se interpreta como de génesis lacustre-palustre en condiciones de salinidad normal, con episodios correspondientes a momentos de mayor salinidad



*Fig. 5. Correlación de las secciones correspondientes a la unidad de Mequinenza-Ballobar en la hoja de Gelsa*

-niveles yesíferos- e interrupciones del régimen lacustre por facies distales de un aparato de abanicos aluviales. Su evolución de facies indica aportes de procedencia meridional y un aumento de las condiciones salinas hacia el oeste de la hoja (Barranco de Lopín), donde llegan a predominar las facies de lago salino. (Ver figura 6-C, D y F).

El contenido fosilífero de esta unidad cartográfica se reduce a ostrácodos, caráceas y fragmentos de gasterópodos. Al igual que la unidad anterior se atribuye al Oligoceno superior (Chattiene).

#### 1.1.1.3. *Calizas en bancos delgados y margas verdosas (3). Chattiene*

La presente unidad aflora en el cuadrante SO de la hoja de Gelsa, dando lugar a un fuerte resalte con desarrollo de extensas superficies estructurales. Aparte de en las secciones de Sástago y Cinco Olivas, se ha estudiado en la de la carretera de Alborge-I.

Está formada por 6 m de calizas micríticas de tonos cremas estratificadas en capas de 10-50 cm, alternantes con margas verdes. En la sección más oriental (Sástago), las calizas y margas se intercalan con arcillas anaranjadas con nódulos yesíferos y algún nivel de 2-5 cm de yesirrenitas de grano fino, similares a las de la unidad 1. (Ver figura 5).

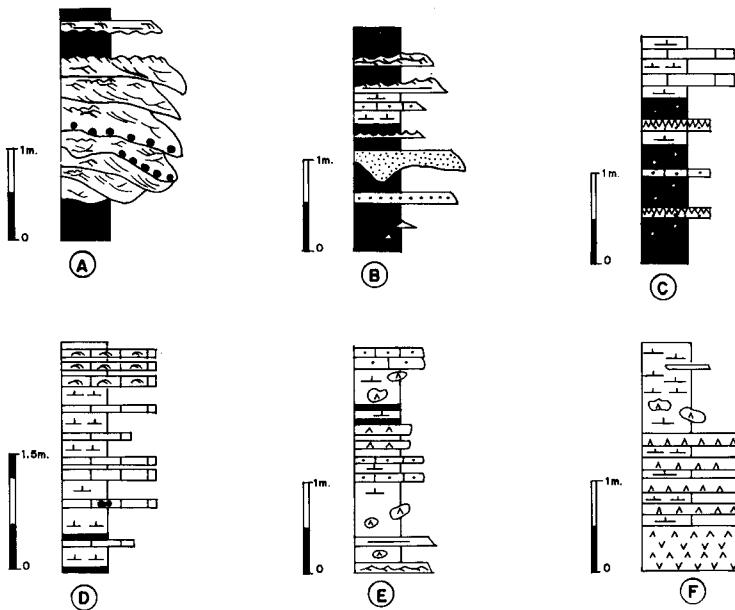
Petrológicamente corresponden a micritas y biomicritas de textura wackstone con restos de ostrácodos, carofitas y gasterópodos. Eventualmente presentan cierta proporción de cemento esparítico.

Esta unidad se organiza en secuencias elementales de 20-50 cm de espesor con margas verdes en la base seguidas por calizas mudstone con planos de estratificación ondulada debidos a ripples de oleaje, terminando con calizas con bioturbación abundante y/o huellas de raíces. Algun nivel calcáreo incluye nódulos de yeso secundario fibroso. Se interpretan como depósitos de facies lacustre-palustres bajo condiciones de salinidad normal. (Ver figura 6-C y D).

El contenido fosilífero de esta unidad cartográfica se reduce a ostrácodos, oogonios de caráceas y restos de gasterópodos con escaso interés bioestratigráfico. Al igual que las unidades anteriores, se le atribuye una edad Oligoceno superior (Chattiene).

#### 1.1.2. **Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca**

Esta unidad genético-sedimentaria se ha caracterizado en sus facies proximales de carácter detrítico y procedencia septentrional en Alcolea de Cinca, en la hoja de Sariñena (357), mientras que en sus facies de centro de cuenca se ha definido en Torrente de Cinca, en la hoja de Mequinenza (415). De forma similar a la unidad genético-sedimentaria de Mequinenza-Ballobar, se trata de una unidad que evoluciona desde facies fluviales de abanico aluvial en su parte inferior hacia condiciones lacustre-palustre de tipo carbonatado en su parte superior, (ver figura 7), aunque en la hoja de Gelsa, y a diferencia del sector del río Cinca, los aportes aluviales de la misma tienen una procedencia meridional. Así, en el cuadrante SE de la misma se encuentran facies de paleocanales fluviales correspondientes a depósitos de partes medias de abanico aluvial, que evolucionan hacia el N y O aumentan-



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

B - FACIES DE LLANURA DE INUNDACION

C - SECUENCIAS DE FACIES PALUSTRES

D - SECUENCIAS DE FACIES LACUSTRES

E - SECUENCIAS DE FACIES DE MARGEN DE LAGO SALINO

F - SECUENCIAS DE FACIES DE LAGO SALINO

#### LEYENDA

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

Fig. 6. Secuencias de facies representativas de los ambientes deposicionales que se desarrollan en la hoja de Gelsa

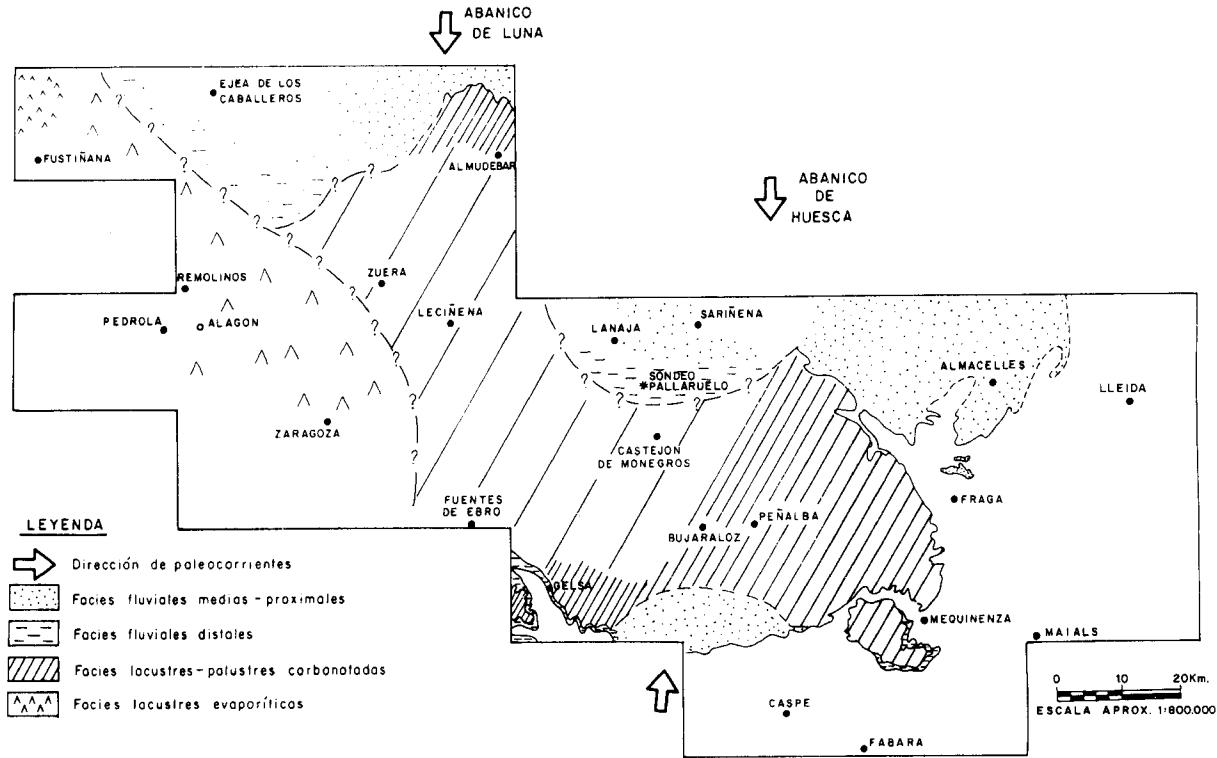


Fig. 7. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca

do su distalidad e intercalando diversos episodios carbonatados de ambiente lacustre-palustre. (Ver figura 8).

Los criterios que han permitido su diferenciación han sido de carácter sedimentológico (cambios bruscos entre facies distales y facies proximales, observados a lo largo del amplio sector de la Cuenca del Ebro estudiado).

En la hoja de Gelsa se han diferenciado tres asociaciones de facies como componentes de la unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca. La unidad 4 representa las facies más detríticas y de mayor proximalidad, la unidad 5 representa las facies fluviales más distales y la número 6 las facies carbonatadas lacustre-palustres. (Ver figura 8).

Por último hay que señalar que la presente unidad corresponde a las areniscas de la Ermita incluidas dentro del Miembro Escatrón de la Formación Caspe de QUIRANTES (1969).

#### 1.1.2.1. *Yesiarenitas en paleocanales y arcillas rojas* (4). *Chattiense-Ageniense*

Esta asociación de facies aflora en la esquina suroriental de la hoja, dando lugar por erosión diferencial a relieves invertidos donde los paleocanales de la unidad resaltan sobre las arcillas de llanura de inundación.

La parte superior de la unidad cartográfica se ha estudiado en la serie del Barranco de Polito.

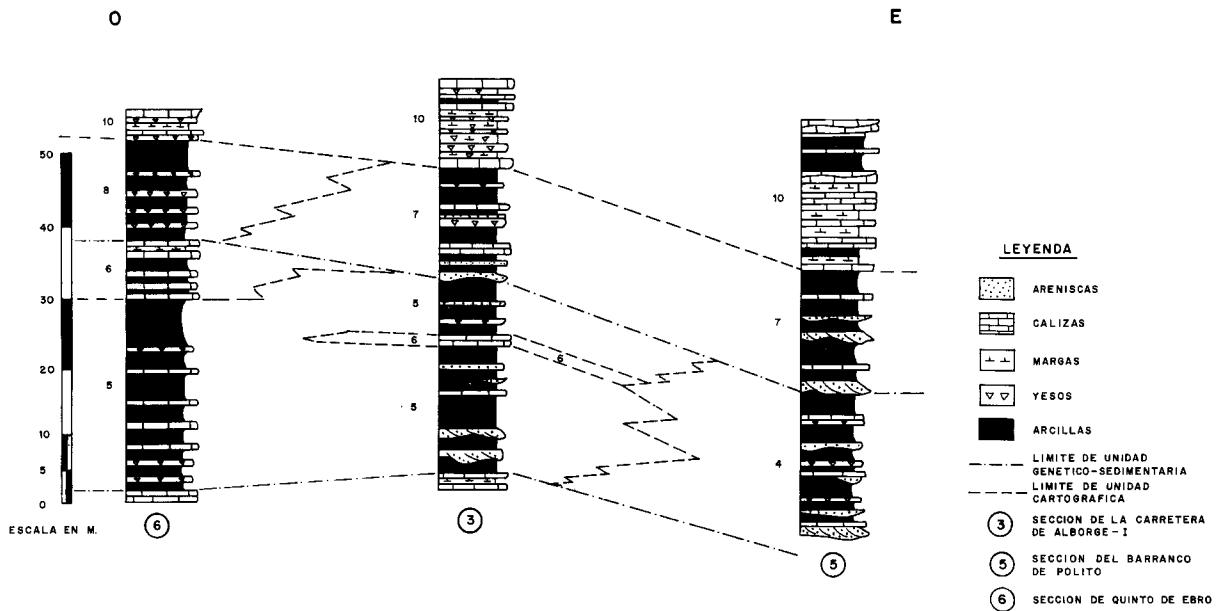
Se trata de una unidad arcillosa de 55-60 m de espesor con intercalaciones de areniscas yesíferas en forma de cuerpos canaliformes y capas tabulares, y algún escaso nivel carbonatado.

Los paleocanales de yesiarenitas son de grano grueso a medio, y tonos pardos. Pueden llegar a tener espesores de 5-6 m, y donde están suficientemente exhumados se reconocen morfologías de cauces meandriformes (Figura 6-A). Las arcillas, de coloraciones rojas, presentan frecuentes venas y nódulos yesíferos de tipo sacaroideo y fibroso, con diámetros de orden centímetrico. Pueden reconocerse localmente manchas de hidromorfismo, signo de los procesos edáficos sufridos.

Eventualmente se intercalan en esta facies niveles de varios centímetros de espesor de calizas micríticas de origen palustre, abundantemente bioturbadas, y delgados niveles de yesos nodulares secundarios de tonos blancos y texturas fibrosas y sacaroideas.

Petrológicamente corresponden a gipsarenitas y litarenitas con granos de yeso (15-35%), cuarzo (13-16%), feldespato potásico (9-10%), feldespato calco-sódico (2-3%) y eventualmente caliza (28%). Tienen matriz de carbonato cálcico y cemento yesífero.

Los paleocanales presentan bases erosivas y numerosas superficies de acreción lateral de tipo *point-bar* además de superficies de reactivación. El relleno de los mismos presenta laminación cruzada planar y en surco, así como *ripples* de corriente hacia el techo de los bancos, que en ocasiones son de tipo *climbing-ripples*. Su techo puede también estar bioturbado. El ambiente sedimentario de esta unidad se interpreta como de tipo fluvial meandriforme, en



*Fig. 8. Evolución lateral y vertical de las unidades genético-sedimentarias de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca y Galocha-Ontiñena en la hoja de Gelsa*

partes medias-distales de un abanico aluvial de procedencia meridional, con desarrollo de episodios esporádicos de encharcamiento dentro de la llanura de inundación. (Figura 6-a y b).

En esta unidad se han clasificado *Hornichara lagenalis* (STRAUB) HUANG y XU, *Nitellopsis (Tectochara) meriani* (L. y N. GRAMB), y *Chara microcera* GRAMB. y PAUL en paso a *Chara notata* GRAMB. y PAUL. La correlación de esta unidad hacia sectores más orientales de la Cuenca del Ebro (Cuesta de Fraga) permite atribuirle una edad Chattiene, pudiendo su techo corresponder ya al Ageniense, (AGUSTÍ et al., 1988),

#### 1.1.2.2. Arcillas rojas con nódulos yesíferos e intercalaciones de areniscas y calizas (5). Chattiene-Ageniense

Esta asociación de facies aflora en el cuadrante SE de la hoja de Gelsa, dando lugar a morfologías de laderas generalmente acoluvionadas. Se ha estudiado en las secciones de la Carretera de Alborge-I y Quinto de Ebro, y representa el cambio lateral hacia ambientes más distales de la unidad cartográfica anterior.

En la sección de Alborge-I se han medido 40 m de arcillas rojas y anaranjadas con nódulos dispersos de yesos secundarios sacaroideos y fibrosos, que presentan numerosas intercalaciones de areniscas yesíferas de grano medio a grueso y tonos beiges, estratificadas en bancos de 0,15-0,8 m. También incluyen delgados niveles de espesor centimétrico de calizas de tonos cremas y algún nivel de yesos rojos de 15 cm de espesor. En la sección de Quinto de Ebro, más occidental, los niveles de areniscas están ausentes, siendo más abundantes en número las intercalaciones carbonatadas. Además, existen bastantes niveles de yesos laminationes-nodulares de tonos blancos y rojizos en capas de 10-50 cm. (Ver figura 8).

Los niveles carbonatados son calizas micríticas (*mudstones*) con fantasma de ostrácodos y carofitas. Las areniscas son yesiarenitas con granos de cuarzo, feldespato potásico y calizas, matriz de carbonato cálcico y cemento yesífero. Los yesos presentan texturas alabastrinas.

Las areniscas generalmente tienen bases erosivas, aunque en ocasiones son tabulares, y muestran laminación cruzada planar y *ripples* de corriente como estructuras sedimentarias. Localmente se aprecian superficies de acreción lateral. Las calizas suelen ser nodulosas, y tanto en unas como en otras es abundante la bioturbación. Se ha observado también algún nivel de paleosuelo intercalado en la serie. Sedimentológicamente estas facies se interpretan como depósitos de un sistema fluvial meandriforme, con desarrollo de encharcamientos esporádicos en la llanura de inundación, dentro de las zonas distales de un abanico aluvial de procedencia meridional. Hacia el O de la hoja existe representación de ambientes de margen de lago salino, definiendo una clara evolución lateral de las facies. (Ver figura 6-B, C y E).

Dentro de esta unidad cartográfica se han clasificado *Rantzieniella nitida* GRAMB; *Sphaerochara cf. davidi* FEIST-CASTEL, *Rhabdochara* sp., *Candonia aff. chassei* DICK. y SWAIN y *Candonia cf. procera* STRAUB. Al igual que para la unidad cartográfica 4 se atribuye a ésta una edad Chattiene-Ageniense.

#### **1.1.2.3. Calizas en bancos delgados (6). Chattiense-Ageniense**

Esta asociación de facies incluye los delgados niveles carbonatados intercalados en la unidad cartográfica anterior, que se han cartografiado cuando la amplitud de afloramientos lo ha permitido. Dan lugar a superficies estructurales en ocasiones bastante extensas, como ocurre en el margen oriental de la hoja al sur de Quinto de Ebro.

La potencia de estos niveles carbonatados oscila entre 1 y 10 m. Se trata de calizas micríticas de tonos grises y beiges, estratificadas en bancos de 0,1-0,5 m, alternantes con niveles de margas grises, y en ocasiones (Quinto de Ebro), con intercalaciones de niveles de arcillas rojas con nódulos de yeso de hasta 3,5 m de espesor, y algún nivel de paleocanales de yesirrenitas. (Ver figura 7).

Al microscopio se presentan como mudstones micríticos con restos de ostrácodos, caráceas y gasterópodos fragmentados.

Los niveles calizos de esta unidad suelen presentar bases y muros ondulados, interpretados como estructuras de oleaje. Los techos de las capas suelen estar bioturbados. Se interpretan como depósitos de un ambiente de sedimentación lacustre-palustre en condiciones de salinidad normal.

El contenido fosilífero de esta unidad es escaso, reduciéndose a fragmentos de gasterópodos, caráceas y restos de vegetales, con escaso interés bioestratigráfico. Por correlación del conjunto de la unidad genético sedimentaria (unidades cartográficas 4, 5 y 6) en sectores próximos de la cuenca, se puede indicar que la parte alta de la misma ha sido datada en la hoja de Sariñena (357) (yacimiento de Ontiñena) con restos de micromamíferos, indicando una edad Ageniense (biozona 1 de Mein, 1975). Según datos de AGUSTÍ *et al.* (1988) muestras algo inferiores estratigráficamente en la hoja de Fraga (387) indican una edad Oligoceno superior (Chattiense), por lo que al conjunto de la presente unidad genético-sedimentaria se le asigna una edad Oligoceno superior (Chattiense) - Mioceno inferior (Ageniense).

#### **1.1.3. Unidad de Galocha-Ontiñena**

Esta unidad genético-sedimentaria aflora y es reconocible en gran parte del sector centro-septentrional de la Cuenca del Ebro. Sus facies detríticas proximales se han caracterizado en la serie de La Galocha, situada en la hoja de Huesca (286), mientras que sus facies de centro de cuenca se han definido en las proximidades de Ontiñena, en la hoja de Peñalba (386). La figura 9 representa esquemáticamente la distribución de facies de la unidad en el sector central de la Cuenca del Ebro.

En la hoja de Gelsa, esta unidad genético-sedimentaria presenta una evolución de facies en la vertical desde sedimentos fluviales de ríos meandriformes en la parte inferior hasta un predominio de sedimentos lacustres de tipo carbonatado y evaporítico en la superior. Asimismo, también de forma lateral, la unidad evoluciona desde depósitos de facies medias de un sistema aluvial en la esquina SE de la hoja hasta facies distales, con representación de ambientes de margen de lago salino, en el cuadrante NO, estando representados entre ambos extremos facies lacustres carbonatadas.

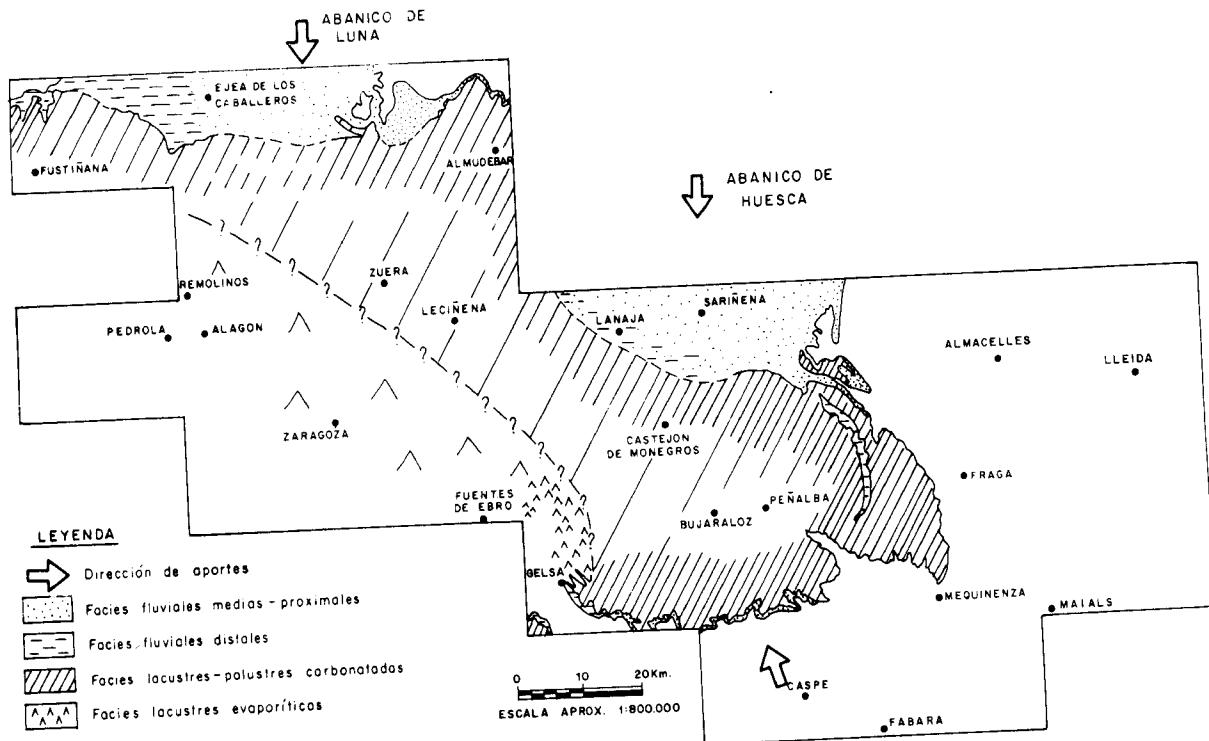


Fig. 9. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Galocha-Ontiñena

Al igual que en el resto de las unidades genético-sedimentarias definidas, los límites de techo y muro de la unidad se han diferenciado en la cartografía mediante un contacto especial.

Esta unidad se ha subdividido en la hoja de Gelsa en 4 asociaciones de facies, que se superponen mediante contactos concordantes o bien muestran relaciones de cambio lateral de facies.

La unidad 7 representa las facies con mayor contenido en paleocanales de areniscas y de mayor proximalidad; la unidad 8 corresponde a facies detríticas más distales, con predominio de depósitos lutíticos de llanura aluvial; la unidad 9 engloba depósitos similares con interdigitación de facies evaporíticas de lagos salinos, mientras que la unidad 10 representa niveles carbonatados de génesis asimismo lacustre. (Ver figura 8).

El estudio de muestras para micromamíferos dentro de esta unidad en la hoja de Gelsa ha resultado estéril. La parte más alta de esta unidad puede correlacionarse con los niveles de manca en el yacimiento del Barranco de las Foyas. Esta especie caracteriza la biozona MN 2b del Mioceno Inferior y representa la parte alta del Ageniense.

La presente unidad genético sedimentaria se corresponde, en parte, con el miembro Bujaraloz de la Fm. Alcubierre y el Mb. Escatrón de la Fm. Caspe, definidos por Quirantes (1969).

#### 1.1.3.1. Areniscas en paleocanales y arcillas anaranjadas (7). Ageniense

Esta asociación de facies se localiza en el cuadrante suroriental de la hoja, presentándose como cambio lateral de facies de la unidad nº 8. Generalmente aflora ocupando las zonas medias de las laderas, por lo que suele presentarse bastante cubierta por coluviones.

Se ha estudiado en las secciones del Barranco de Polito y de la Carretera de Alborge-I. En ambas series tiene un espesor comprendido entre 18 y 20 m, formado por yesiarenitas de grano fino a grueso, formando canales de hasta 1,5 m de espesor o bien capas tabulares de grano fino y espesor centimétrico, alternándose con niveles de orden métrico de arcillas pardas anaranjadas con nódulos yesíferos de 1-5 cm de diámetro medio. Eventualmente presenta delgadas intercalaciones de calizas micríticas con caráceas y restos de gasterópodos y espesor centimétrico, así como delgados niveles de yesos rojos, más frecuentes en la sección más occidental (Carretera de Alborge, 1). Las yesiarenitas en paleocanales son más abundantes tanto en frecuencia como espesor en la sección oriental (Barranco de Polito). (Ver figura 8).

Petrológicamente las areniscas son yesiarenitas con granos de caliza, cuarzo y feldespato potásico minoritarios, matriz carbonatada y cemento yesífero. Las calizas presentan textura mudstone.

Los paleocanales de arenisca de esta unidad tienen bases erosivas y rellenos de estructuras tractivas como laminaciones cruzadas planares y en surco, superficies de reactivación que en ocasiones se reconocen como acreciones laterales de barras de meandro de tipo point-bar,

y *ripples* de corriente y *climbing-ripples* en los techos de los bancos. (Ver figura 6-A). Las direcciones de paleocorrientes medidas en la unidad indican procedencia meridional. Los niveles carbonatados, con estratificación ondulante por lo general, están bastante bioturbiados, reconociéndose huellas de raíces en posición de vida. Los niveles yesíferos rojos pueden representar paleosuelos.

El conjunto de la unidad puede interpretarse como depósitos de tipo fluvial meandriforme correspondiente a las zonas medias de un abanico aluvial de procedencia SO, con desarrollo de niveles de desbordamiento (yesiarenitas en capas finas) y encarcamiento estacional (calizas y yesos con paleosuelos) en la llanura de inundación.

#### 1.1.3.2. *Arcillas anaranjadas con intercalaciones de areniscas y calizas (8). Ageniense*

Esta unidad se ha cartografiado en ambos lados del Barranco de Valcenicero, hasta el paralelo de Gelsa, así como en el Cerro Cornero, al sur de Quinto de Ebro, y en el vértice SO de la hoja. Constituye un cambio hacia términos más distales de la unidad anterior. Dada su litología fundamentalmente lábil, aflora generalmente bastante recubierta, dando lugar a extensos valles.

Se ha estudiado en la sección de Quinto de Ebro, donde está compuesta por 18 m de arcillas naranjas con frecuentes nódulos de yesos secundarios dispersos, alternando con niveles de 5-15 cm de yesos nodulares de color blanco y texturas fibrosas. (Ver figura 8). Hacia las zonas más orientales de la hoja, también se intercalan delgados niveles de yesiarenitas de grano fino, además de capas centimétricas de calizas micríticas grises. (Ver figura 6-B).

Los yesos, desde el punto de vista petrográfico, corresponden a yesos secundarios alabastriños, afectados en algún caso por procesos de disolución con relleno posterior de las cavidades por arcillas y carbonatos. Las calizas son micríticas, de textura *mudstone*, con pequeñas proporciones de ostrácodos y caráceas.

Las únicas estructuras sedimentarias apreciadas se reducen a laminación paralela en los términos arcillosos, así como algún nivel edafizado en los mismos. Estas facies se interpretan como depósitos en áreas más distales del complejo de abanico aluvial definido para la unidad anterior, con ausencia casi total de canales areniscosos y predominio de los términos de llanura lutítica con desarrollo de episodios esporádicos de encarcamiento.

Al igual que a la unidad 8 se le atribuye una edad Ageniense (Mioceno inferior).

#### 1.1.3.3. *Margas grises con intercalaciones delgadas de calizas y yesos (9). Ageniense*

Esta asociación de facies aflora en el cuadrante noroccidental de la hoja, al norte del pueblo de Gelsa. Corresponde a un cambio lateral de facies de la unidad 8.

Morfológicamente estas facies dan lugar a áreas deprimidas topográficamente y bastante recubiertas por depósitos cuaternarios y suelos. Sólo las delgadas capas yesíferas y carbonatadas que incluyen, dan resaltes definidos en la cartografía como líneas de capa.

Litológicamente se trata de una unidad de naturaleza margosa, que presenta delgadas intercalaciones calcáreas y yesíferas. Las margas son grises, con frecuentes inclusiones de nódulos centimétricos y vetas -sin relación con la estratificación- de yesos secundarios de tipo fibroso. Intercalan capas de yesos nodulares sacaroideos de 20-40 cm de espesor, así como niveles de 10 a 30 cm de espesor de calizas micríticas y calcisiltitas. (Ver figura 6-E).

Estas facies pueden interpretarse como depósitos de ambientes de margen de lago salino, con episodios esporádicos de salinidad normal en los que se originan los niveles carbonatados.

Al igual que las unidades 7 y 8, se considera una edad Ageniense para esta unidad.

#### 1.1.3.4. *Calizas tableadas con intercalaciones de arcillas anaranjadas. (10). Ageniense*

Esta asociación de facies se localiza en la mitad sur de la hoja, a lo largo de las laderas que enmarcan hacia el norte y noreste el curso del Ebro, así como en un pequeño afloramiento en el vértice Cornero y en la esquina SO de la hoja. Está compuesta por calizas tableadas que dan lugar a resaltes estructurales y líneas de capa dura, dado su comportamiento resistente respecto a los tramos detrítico-arcillosos de las unidades 7 y 8, entre las que se intercala.

Esta unidad se ha estudiado, salvo su parte superior, en la sección del Barranco de Polito, donde afloran 26 m formados por alternancias de calizas micríticas de tonos beiges en bancos de 10-50 cm con margas verdosas en tramos decimétricos. Los 10 m superiores de este conjunto presentan también intercalaciones de arcillas de tonos rosas y anaranjados. En las secciones de la carretera de Alborgue-I y Quinto de Ebro, situadas al oeste de la anterior y donde se han observado los metros inferiores de la unidad, ésta muestra un aumento paulatino hacia arriba en niveles de 10 a 40 cm de potencia de yesos de colores blanquecinos, en capas tabulares y aspecto nodular en ocasiones con texturas sacaroideas, fibrosas y alabastriñas (ver figura 8). A la altura del Barranco de Valcenicero, los tramos carbonatados van perdiendo espesor en favor de los tramos arcillosos cartografiados como unidad 8, hasta llegar a formar niveles de hasta 1,5 m de potencia cartografiados como líneas de capa dentro de la unidad nº 9.

Al microscopio, las calizas son micritas con textura *mudstone-wackstone*, con restos de ostrácodos. Algunas muestras presentan porcentajes del 2 al 3% de cuarzo tamaño limo.

Los niveles carbonatados de esta unidad generalmente presentan techos y bases ondulados debido a oleaje, así como una bioturbación de moderada a abundante. Como componentes orgánicos incluyen ostrácodos, caráceas y restos de gasterópodos, además de restos vegetales macerados en algún punto. Estas características permiten interpretar estas facies como depósitos de ambientes lacustres-palustres carbonatados evolucionando hacia el oeste hacia zonas de margen de lago salino donde llegan a depositarse niveles decimétricos de yesos.

Al igual que el resto de las asociaciones de facies que constituyen la unidad genético-sedimentaria de Galocha-Ontiñena, su edad se atribuye al Mioceno inferior (Ageniense).

#### 1.1.4. Unidad de Bujaraloz-Sariñena

Esta unidad genético sedimentaria está ampliamente representada en todo el sector central de la Depresión del Ebro, mostrando una evolución desde las facies detríticas definidas en la hoja de Sariñena (357) hacia facies detrítico-carbonatadas alternantes que dominan en la hoja de Peñalba (386), pasando por último a las facies margo-yesíferas dominantes en la zona de Bujaraloz (414) y en la hoja de Gelsa (413). La figura 10 es un esquema de la distribución de facies de esta unidad en el sector central de la Cuenca del Ebro.

En esta hoja, esta unidad presenta una evolución vertical desde facies fluviales distales con desarrollo de episodios lacustres carbonatados y evaporíticos en la base (unidades 11, 12, y 13 respectivamente), a un predominio de las facies evaporíticas de lago salino y margen de lago salino en la parte superior (unidades 15 y 16), desarrolladas en zonas centrales de la cuenca para esa época.

La presente unidad genético-sedimentaria se corresponde con los miembros Bujaraloz de la Fm. Alcubierre y Retuerta de la Fm. Zaragoza de QUIRANTES (1969).

##### 1.1.4.1. Arcillas ocres y naranjas con delgadas intercalaciones carbonatadas y yesíferas (11). Ageniense-Aragoniente?

Esta asociación de facies se extiende por la mitad NE de la hoja, con una dirección sensiblemente NO-SE. Se suele presentar ocupando las zonas medias de las laderas, y bastante recubierta de derrubios procedentes de los niveles más competentes situados topográficamente por encima.

Sus términos superiores se han estudiado en la sección de la Carretera de Alborge-II.

Se trata de una unidad de unos 30-35 m de potencia formada por arcillas de tonos ocres y anaranjados estratificadas en capas de 4 a 6 m de espesor, con nódulos de yesos dispersos más frecuentes hacia la base y capas centimétricas de yesiarenitas de grano fino, alternantes con paquetes de hasta 2-3 m de espesor de calizas micríticas de tonos cremas, dispuestas en bancos de 10 a 30 cm de espesor separadas por margas grises. Hacia el NO de la hoja, disminuye el número y espesor de los niveles carbonatados, y empiezan a intercalarse bancos de yesos alabastriños estratificados en capas de 30 a 50 cm. Localmente, (sección de la carretera de Alborge-II) y hacia el techo de la unidad, se observa un nivel de yeso rojo con señales de edafización. Los bancos carbonatados más potentes se han individualizado en la cartografía como unidad nº 12.

Al microscopio petrográfico las calizas son micritas de textura *mudstone* con restos de ostrácodos y caráceas.

Los niveles calcáreos presentan bases y techos ondulados y en ocasiones aspecto noduloso debido a la bioturbación. El conjunto de la unidad se interpreta como depósitos de ambientes aluviales distales de tipo llanura fangosa con desarrollo de episodios lacustre-palustres carbonatados. En el NO de la hoja las condiciones del medio sedimentario se hacen más salobres, caracterizando un ambiente de margen de lago salino.

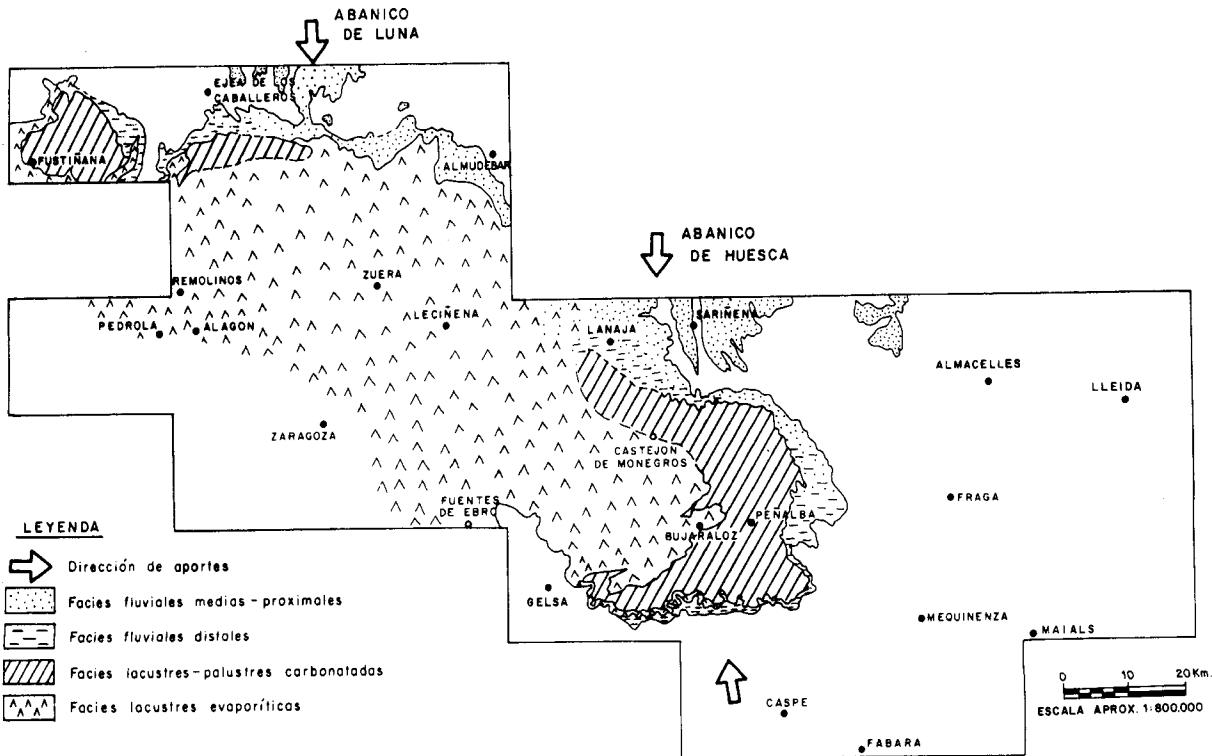


Fig. 10. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Bujaraloz-Sariñena

En esta hoja no se ha podido localizar ningún yacimiento de micromamíferos en esta unidad. Sin embargo, se pueden correlacionar estos depósitos con los niveles en los que se sitúa el yacimiento de la Paridera del Cura (AZANZA *et al.*, 1988 y CUENCA *et al.*, 1989), en la hoja de Peñalba (386), correspondiente a la biozona 2b de MEIN (1975) que caracteriza la parte superior del Ageniense. Por tanto, se atribuye la presente unidad cartográfica al Ageniense, sin descartar, por falta de datos paleontológicos, la posibilidad de su parte superior pudiera corresponder al Aragoniense.

#### *1.1.4.2. Calizas tableadas (12). Ageniense-Aragoniente?*

Esta asociación de facies corresponde a los sucesivos niveles carbonatados que se han distinguido en la cartografía intercalados en la unidad anterior, o a techo de la siguiente y que se extienden por el cuadrante suroccidental de la hoja de Gelsa. Morfológicamente da lugar a líneas de capa dura y a la inmensa superficie estructural donde, por karstificación, se desarrollan las numerosas lagunas localizadas entre Sástago y Bujaraloz.

Esta unidad está compuesta por paquetes de 3 a 5 m de espesor de calizas tableadas beiges en capas de 5-15 cm, alternando con niveles de espesor equivalente de margas grises. Los bancos muestran una abundante bioturbación y perforaciones de raíces.

Al microscopio las calizas pueden clasificarse como biomicritas con caráceas y fragmentos de gasterópodos.

Estas facies se interpretan como depósitos de ambientes lacustre-palustre carbonatados en condiciones de salinidad normal.

Al igual que la unidad anterior, se atribuye a estos niveles una edad Ageniense, sin descartar la posibilidad de que también pudiera estar representado el Aragoniense más bajo.

#### *1.1.4.3. Yesos verdes con intercalaciones calcáreas (13). Ageniense-Aragoniente?*

Esta unidad cartográfica aflora en la zona central de la hoja de Gelsa siguiendo una dirección aproximada NO-SE, ocupando una amplia extensión superficial en ambas márgenes de la Vall de Gelsa. Constituye un nivel guía característico, tanto por sus características litológicas como por generar morfológicamente un fuerte y continuo resalte estructural a lo largo de toda la hoja. La disolución de esta unidad permite el desarrollo del extenso campo de dolinas ocupadas por lagunas estacionales situado entre Sástago y Bujaraloz.

Estas facies se han estudiado en la sección de la Carretera de Alborge-II donde alcanzan un espesor de 19 m. Se trata de yesos estratificados en bancos gruesos (0,2-1,5 m de espesor), de textura alabastrina, y característico tono verdoso. Incluyen niveles centimétricos de arcillas naranjas, así como paquetes de hasta 0,5 m de potencia de calizas micríticas tableadas alternantes con margas verdes. Hacia el NO de la hoja, las intercalaciones arcillosas ganan espesor y se cargan de nódulos de yesos fibrosos y sacaroideos mientras que los bancos yesíferos en ocasiones presentan una estructura nodulosa, textura alabastrina y color blanco.

Al microscopio los yesos se presentan como alabastrinos con microestructura esferolítica o microgranular. Las calizas son micríticas (textura *mudstone*) e incluyen algunos restos de ostrácodos.

En niveles carbonatados incluidos dentro de los bancos yesíferos se observa estratificación ondulante probablemente debida a oleaje, pese a mostrarse muy deformados por procesos enterolíticos. El conjunto de la unidad se depositó en ambientes lacustres evaporíticos, con pequeñas etapas intercaladas de salinidad normal durante las que se depositaron los carbonatos.

El único contenido paleontológico de la unidad se reduce a caráceas y ostrácodos observados en las calizas intercaladas. Por criterios regionales se atribuye la unidad al Mioceno inferior (Ageniense), sin descartar la posibilidad de que pudiera incluir ya el Aragoniense inferior.

#### 1.1.4.4. Arcillas rojizas con intercalaciones de yesos rojos (14). Ageniense-Aragoníense

Esta asociación de facies aflora en una estrecha banda a lo largo de la unidad septentrional de la hoja, presentando malas condiciones de afloramiento debido al acoluvionamiento que tapiza la unidad y a la removilización antrópica provocada por las labores agrícolas. Pese a ello, su peculiar coloración rojiza le otorga características de nivel guía.

Se trata de un delgado paquete con unos 5 m de espesor de arcillas rojizas que incluyen pequeños nódulos de yeso secundarios (fibrosos y sacaroideos). Intercala un nivel de 20 a 25 cm de potencia de yesos rojos de textura lenticular-alabastrina muy recristalizados, y con aspecto karstificado, que engloban huecos llenos por arcillas rojas.

Al microscopio, estos yesos se presentan afectados por intensos procesos de disolución con posterior relleno de los huecos por carbonato cálcico, micrítico y óxidos de hierro.

Estas facies se interpretan como depósitos de ambientes distales de tipo llanura lutítica de un aparato fluvial meandriforme de procedencia pirenaica, con desarrollo de encarramamientos esporádicos bajo condiciones hipersalinas que favorecerían la formación del nivel yesífero que incluye, el cual presenta rasgos atribuibles a una interrupción sedimentaria.

En la hoja de Gelsa no se han encontrado fósiles que permitan datar la unidad, pero la correlación directa de la misma con los niveles datados en la hoja de Peñalba por AZANZA *et al.* (1988) y CUENCA *et al.* (1989) permite atribuir a la misma una edad Ageniense-Aragoníense.

#### 1.1.4.5. Margas yesíferas grises con intercalaciones de yesos (15). Aragoníense

Esta unidad aflora en la mitad norte de la hoja de Gelsa. Debido a su carácter poco competente, da lugar a relieves llanos con gran desarrollo de los recubrimientos, por lo que su estudio se ha realizado mediante diversas estaciones de campo.

Esta unidad tiene un espesor de 25 m y está compuesta por margas grises que intercalan numerosas capas de potencia decimétrica de yeso tabular de textura generalmente alabastrina aunque en ocasiones puede ser sacaroidea, y de yesos de aspecto noduloso (texturas *chicken-wire*). Hacia el margen este de la hoja se observan también intercalaciones de algunos niveles de 10-15 cm de calcisiltitas.

De acuerdo con sus características sedimentológicas estas facies pueden interpretarse como depósitos de margen de lago salino o *playa-lake*, con secuencias de facies similares a las ilustradas en la figura 6-E.

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

#### 1.1.4.6. Yesos *tabulares* y *nodulares* con intercalaciones de margas yesíferas grises (16). Aragoniense

Esta unidad aflora, al igual que la anterior, en la mitad septentrional de la hoja de Gelsa, dando lugar a relieves suavemente alomados y a algunos resaltes estructurales de los bancos yesíferos más potentes.

Se trata de una sucesión de unos 35 m de potencia compuesta por yesos en bancos de 0,1-0,3 m, generalmente laminares y en ocasiones con aspecto noduloso y acintado, alternantes con margas yesíferas de tonos grises en capas de espesor también decimétrico, y con algún nivel de 5-15 cm de espesor de calizas micríticas grises incluido.

Los yesos tienen textura alabastrina, más marcada en los nodulares, mientras que las capas de yeso tabular tienen un aspecto micronodular. Los nódulos yesíferos, de diámetro hasta 50 cm, a veces presentan texturas fibrosas y sacaroideas, con una envuelta externa de tipo "costra".

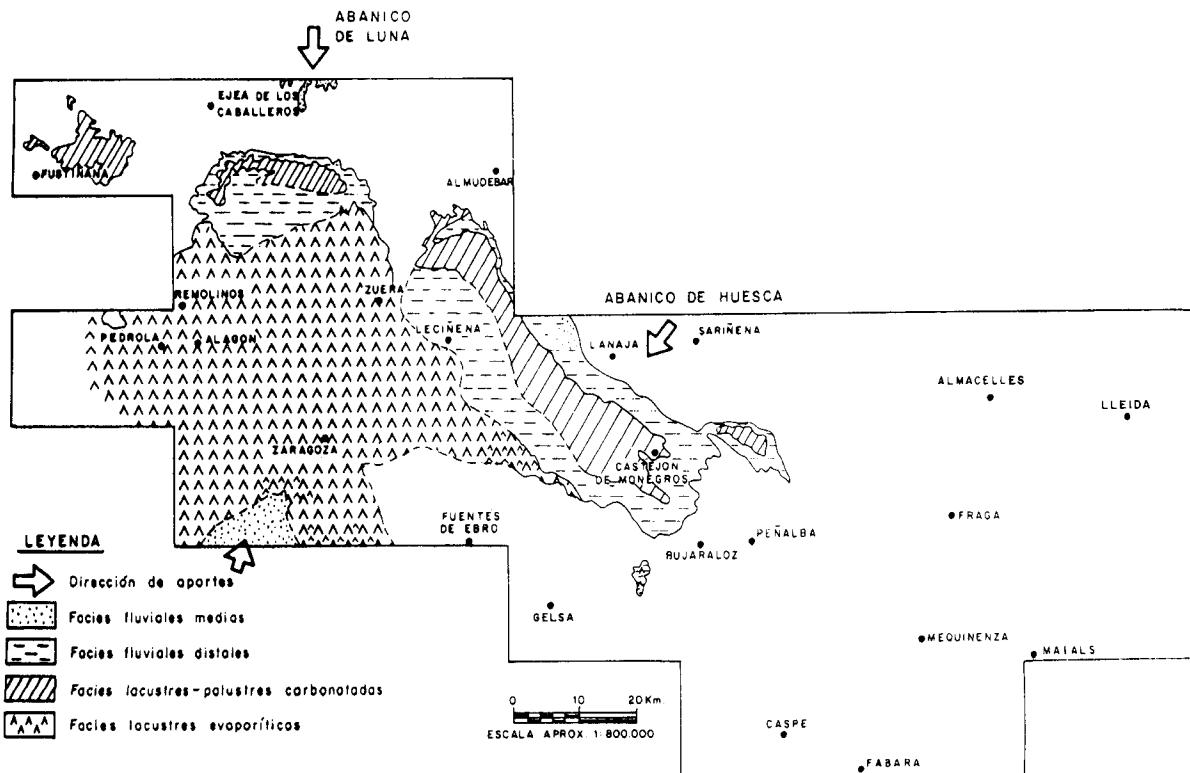
Esta unidad se interpreta como sedimentada en ambientes de lago salino y de margen de lago salino, con una secuencia de facies predominantes del tipo de la reflejada en la figura 6-F.

Se atribuye una edad Aragoniense a estos depósitos por su posición estratigráfica.

#### 1.1.5. Unidad de Remolinos-Lanaja

La unidad genético-sedimentaria de Remolinos-Lanaja aflora únicamente en los relieves más altos de la hoja, entre los vértices Purburell y Retuerta. Este es el afloramiento más meridional de la unidad en la zona central de la Cuenca del Ebro. Las facies de centro de cuenca pertenecientes a esta unidad se han definido en la hoja de Remolinos (322), mientras que las facies detríticas de carácter proximal lo han sido en la hoja de Lanaja (356).

En la hoja de Gelsa sólo afloran los términos más inferiores de esta unidad genético-sedimentaria, correspondientes a facies de margen de lago salino, lo que impide un análisis de su evolución vertical. La figura 11 representa la distribución de sus litofacies en un amplio sector de la Cuenca del Ebro.



*Fig. 11. Esquema regional de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Remolinos-Lanaja*

La unidad de Remolinos-Lanaja se corresponde con el miembro Retuerta de la Formación Zaragoza de QUIRANTES (1969) en este sector de la Cuenca del Ebro.

#### 1.1.5.1. *Margas grises con nódulos de yeso (17). Aragoniense*

Esta asociación de facies aflora en el cuadrante NE de la hoja en el área comprendida entre los vértices geodésicos de Purburell (417 m) y Retuerta (409 m). Estos depósitos dan lugar a un relieve suavemente alomado, con afloramientos de escasa calidad dado los extensos recubrimientos edáficos que presentan.

Se trata de una serie con una potencia mínima de 25 m, ya que no se observa su techo, formada por margas de tonos grises con intercalaciones de 20 a 50 cm de espesor de nódulos yesíferos de tonos blancos que pueden unirse hasta obtener un aspecto acintado. La textura del yeso es generalmente alabastrina, pudiendo en ocasiones ser micronodular con textura *chicken-wire*.

Las características sedimentológicas de estos depósitos permiten interpretarlos como sedimentos de zonas periféricas de lago salino o *playa-lake*. El crecimiento del yeso de esta unidad se habría realizado en su mayor parte por circulación de salmueras entre el sedimento lutítico pobemente consolidado.

El estudio de muestras para bioestratigrafía ha dado resultados negativos, por lo que por posición estratigráfica se atribuye a la unidad una edad Aragoniense.

## 1.2. CUATERNARIO

### 1.2.1. **Cantos y gravas redondeadas (18, 19, 20, 21, 22, 24 Y 28). Terrazas. Pleistoceno-Holoceno**

Estas unidades corresponden a los sucesivos niveles de sedimentos fluviales depositados por el río Ebro y su afluente el Barranco de Lopín, y ocupan una porción importante de la mitad occidental de la hoja de Gelsa.

Presentan espesores comprendidos entre los 3 y 8 m. Litológicamente están formadas por cantos y gravas de diámetros entre 3 y 50 cm, polimíticos (cuarcita mayoritariamente, y en menor proporción, granitos, calizas e incluso yesos) y habitualmente clastosoportados e imbricados. Estos niveles de gravas pueden localmente intercalar niveles de hasta 3 m de arenas yesíareníticas y limos con estructuras de corriente tales como laminación cruzada planar y *ripples*, además de bases erosivas con depósitos residuales (*lags*) de cantos.

Los niveles de terraza más altos (18, 19, 20 y 21), localmente presentan cementaciones de carbonato cálcico, generalmente de tipo pulverulento. A menudo, existen recrecimientos de tipo espeleotémico en las gravas que constituyen los depósitos de dichas terrazas.

A los niveles superiores (nº 18, 19, 20, 21 y 22) se les atribuye una edad Pleistocena, mientras que los niveles 24 y 28 corresponden al Holoceno.

#### **1.2.2. Gravas angulosas en matriz arcillo-margosa (23). Glacis. Pleistoceno**

Corresponden a algunos pequeños depósitos, adosados a las laderas de La Vall de Pobles, en la esquina SE de la hoja así como a otro situado unos 2 km al E de Gelsa.

Se presentan muy degradados, no superando espesores de 1,5 m de gravas de naturaleza primordialmente calcárea, con centímetros de 20 cm de diámetro y modas de 2-4 cm, angulosas y sin clara organización interna, con una matriz arcillosa o arcillo-margosa de tonos anaranjados y grises y sin cementar.

Se les atribuye una edad Pleistocena.

#### **1.2.3. Cantos y gravas calcáreas en matriz arcillosa (25). Conos de deyección. Gravas y cantos calcáreos en matriz arcillo-margosa (27). Depósitos aluvial-coluvial. Cantos y gravas en matriz arcillosa (29). Coluviones. Holoceno**

Este conjunto de formaciones superficiales se distribuyen de manera irregular, a lo largo de toda la extensión de la hoja, pero fundamentalmente en su mitad occidental.

El espesor de los depósitos es variable, no superando los 2 m por lo general. Las características litológicas que presentan son similares: cantos y gravas calcáreos principalmente, de areniscas y yesos en menor proporción, e incluso de cuarcitas cuando reelaboran materiales de las terrazas del Ebro. Los cantos son generalmente angulosos salvo cuando son heredados, de tamaños medio de 3 a 4 cm, con matriz arcillosa o arcillo-margosa y escasa organización interna que se reduce a hiladas de cantos y cicatrices erosivas en el caso de los conos de deyección.

Todos estos depósitos están ligados a los procesos morfogenéticos de clima semiárido propios de la Cuenca del Ebro, arroyada y gravedad fundamentalmente.

Los criterios de diferenciación entre los mismos son, por tanto, de índole morfológica, siendo interesante resaltar la sistemática superposición de los conos de deyección sobre el segundo nivel de terraza del río Ebro (unidad 24).

La edad de estas formaciones superficiales es Holoceno.

#### **1.2.4. Arcillas y limos con sales (26). Fondos endorreicos. Holoceno**

Esta unidad incluye los depósitos asociados al numeroso conjunto de depresiones de origen kárstico situadas en el cuadrante suroriental de la hoja de Gelsa. Estas depresiones endorreicas están sometidas a procesos de encarcamiento estacional con aportes salinos procedentes del sustrato yesífero sobre el que se encuentran.

Tienen un espesor pequeño, y están formados por arcillas y limos de tonos pardos que engloban salmueras de naturaleza sodico-magnésica con precipitación de sulfatos y cloruros de tipo yeso-mirabilita-thenardita-bloedita y halita. (PUEYO MUR, 1980). Estos depósitos en algún caso han sido explotados hasta tiempos recientes (Laguna del Playazo).

Su edad es Holoceno

#### **1.2.5. Gravas, arenas, limos y arcillas (30). Barras del río Ebro, aluviales y fondos de vale. Holoceno**

Esta unidad cartográfica engloba tanto los sedimentos de los cauces activos de la zona -Río Ebro, Barranco de Lopín- como los rellenos de las "vales" o valles de fondo plano situados en todo el ámbito de la hoja y con una dinámica de aportes mixta entre aluvial y de laderas.

Las barras del río Ebro litológicamente corresponden a gravas polimíticas bien redondeadas y con matriz arenosa y/o limo-arcillosa. Localmente engloban niveles arenosos que incluyen hiladas de cantes. Los fondos de "vale" están constituidos por cantes de naturaleza principalmente calcárea y yesífera, subangulosos a subredondeados, organizados en bolsas e hiladas con textura fango-soportada dentro de una matriz de arenas y arcillas.

Su edad es Holoceno.

## **2. TECTONICA**

### **2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL**

La hoja de Gelsa está situada en el sector central de la Cuenca del Ebro.

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

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

La edad del relleno sedimentario, muestra una pauta clara: los depósitos más antiguos se ubican en los sectores septentrional y oriental y los más modernos en las áreas meridionales

y orientales. Esto es un reflejo de la evolución de la deformación en el orógeno, hacia el antepaís y progresivamente más moderna de este a oeste. Así, es en La Rioja donde se registra la actividad comprensiva más moderna, hasta el Mioceno medio en las Sierras de Cameros y Demanda y hasta el Vindobonense en la Sierra de Cantabria, mientras que en esa misma época los Catalánides se encuentran sometidos a un régimen distensivo dominante.

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

La hoja de Gelsa está ubicada en la parte centro-meridional de la Cuenca del Ebro, ocupando una posición más próxima a la Cordillera Ibérica que al Pirineo, y aunque está constituida por depósitos sinorogénicos en el sentido de ser coetáneos con la deformación de las cadenas adyacentes, presenta una estructura geológica muy sencilla, ya que la deformación apenas se ha transmitido a este sector de la cuenca.

## 2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

La disposición estructural existente en la hoja de Gelsa es de gran sencillez, disponiéndose los materiales sensiblemente horizontales en todo el ámbito de la misma. Sin embargo, la existencia de una banda levemente basculada, con buzamientos entre los 3-5° hacia el N-NE, que se localiza con una dirección aproximada E-O a lo largo de la mitad inferior del cuadrante suroccidental de la hoja permite acotar el flanco meridional de una estructura sinclinal muy laxa cuyo eje se extendería a lo largo de las vecinas hojas de Castejón de Monegros y Bujaraloz.

El resto de la deformaciones tectónicas existentes en la hoja corresponden a fallas normales y fracturas que afectan fundamentalmente a los materiales oligo-miocenos, aunque de manera puntual también se han observado afectando a los cuaternarios. La mayor densidad de las mismas se aprecia, asimismo, en el cuadrante meridional de la hoja.

Las direcciones preferentes de los planos de falla oscilan desde SE a ESE en el sector centro-sur y SSE en el ángulo suroeste de la hoja. Son escasos, sin embargo, los puntos donde el desplazamiento de las fallas de escala cartográfica ha podido evaluarse, aunque parece que en general, es de orden métrico sin sobrepasar en ningún caso la decena de metros.

La mitad septentrional de la hoja está afectada por una densa red de lineamientos de dirección N120-130E, perfectamente visibles en foto aérea, que pueden interpretarse también como

líneas de fractura. Vienen marcados por valles rectilíneos, reconociéndose a veces varios de ellos alineados a través de zonas de interfluvio, y por la elongación en la misma dirección del campo de dolinas y uvalas del cuadrante SE que sugiere un control estructural identificable con ese mismo haz de fracturas (QUIRANTES, 1969). En el extremo norte de la hoja (km 377,5 de la carretera N-II) existe un buen afloramiento para la interpretación de estas estructuras, donde se aprecia un número importante de fallas normales de salto decimétrico a métrico cuya dirección dominante ESE a SE coincide con los lineamientos de su entorno. Estos datos sugieren que el haz de lineamientos refleja un denso y sistemático campo de fallas de componente normal.

### 2.3. EVOLUCION TECTONICA

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

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

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

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

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

Durante el Mioceno y Plioceno tiene lugar una etapa de tectónica dominante extensional que afecta a la mayor parte del NE peninsular, aunque siguen existiendo indicios de actividad comprensiva incluso hasta el Mioceno inferior en el sector central de la cuenca, y durante el Mioceno medio en la parte occidental. Este régimen tectónico originó en la parte oriental fosas distensivas frecuentemente controladas por fallas preexistentes que se sobreimponen a las estructuras de plegamiento de los Catalánides (fosas del Vallés-Penedés, Camp de Tarragona, etc). La influencia de esta tectónica extensional excede con frecuencia el dominio de las fosas, y se manifiesta en los depósitos terciarios del borde oriental de la cuenca mediante enjambres de fallas normales.

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

## 2.4. NEOTECTONICA

Hacia el Mioceno superior-Plioceno se produjo en la Cuenca del Ebro una tectónica de tipo distensivo que se manifiesta en la región ocupada por la hoja de Gelsa por fallas normales de escala cartográfica y sistemas de diaclasas bastante homogéneos que afectan principalmente a los niveles carbonatados más competentes. El campo de esfuerzos tectónico puede caracterizarse como una distensión tendente a radial con  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  orientados, respectivamente, N a NNO y E a ENE.

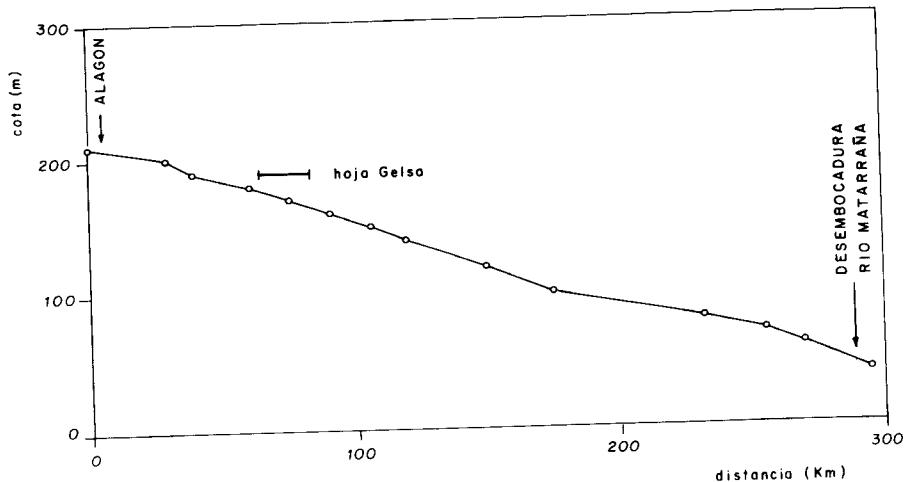
Existen dos direcciones dominantes de diaclasas y fallas, una N a NNO y otra NO-SE. La primera representaría la fracturación desarrollada como respuesta directa al campo distensivo primario. El intercambio de  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar en muchos casos a una familia secundaria en dirección E a ENE. Las fallas NO-SE que se expresan como fotolineamientos a lo largo de los dos tercios septentrionales de la hoja deben ser reflejo de una fracturación preexistente que fue reactivada con movimiento normal en el curso de la distensión.

Durante el Cuaternario, en puntos localizados (por ejemplo, en la terraza correspondiente a la unidad cartográfica 20 al N de Velilla de Ebro), siguen produciéndose deformaciones frágiles del tipo de fracturas, generalmente sin desplazamientos visibles, pero que en alguna ocasión provocan el basculamiento del nivel de terraza.

Asociados al curso del Río Ebro en el tercio occidental de la hoja de Gelsa se reconocen tres rasgos geomorfológicos que constituyen anomalías dignas de ser analizadas ante la posibilidad que guarden cierta relación con procesos neotectónicos:

- a) En primer lugar, llama la atención el meandro abandonado y colgado unos 70 m sobre el cauce del río que se observa en el paraje de El Setenal, al SE de Velilla de Ebro. El lugar donde aparece coincide con el límite en que termina la amplia llanura aluvial del tramo

PERFIL E BRO



PERFIL TERRAZAS

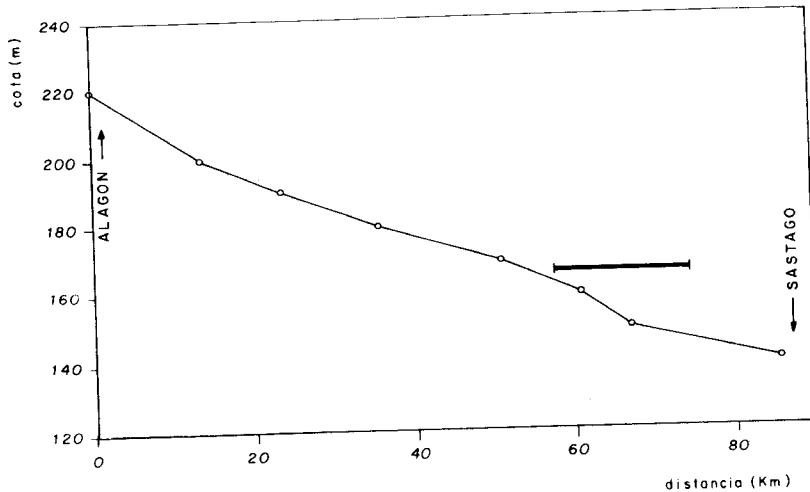


Fig. 12. Perfiles longitudinales del cauce del río Ebro (arriba) y de las terrazas inferiores (unidades cartográficas 24 y 28) en el entorno geográfico de la hoja de Gelsa

medio del Ebro y comienza el sector de meandros encajados que se proseguirá, a lo largo de las hojas de Hijar, Caspe, Mequinenza, Fabara, y Flix, hasta cruzar la Cadena Costero Catalana. El abandono del meandro se habría producido, por tanto, en el contexto del levantamiento relativo de la región respecto al nivel de base del Ebro que tuvo lugar probablemente durante el Neógeno superior y Cuaternario antiguo, lo que supone una circunstancia un tanto contradictoria.

- b) El río Ebro presenta aquí un trazado que, si bien no llega a ser realmente rectilíneo, si tiene un grado de sinuosidad muy inferior al de los tramos anterior y posterior. La dirección SSE es, por otra parte, sensiblemente paralela a las fallas normales cartografiadas en ambas márgenes.
- c) Se han realizado perfiles longitudinales del cauce del río Ebro y de las superficies inferiores de terraza (unidades cartográficas números 24 y 28 de la hoja de Gelsa) en el entorno de la hoja (Figura 12). El primero abarca desde la localidad de Alagón (hoja 354) hasta la desembocadura del río Matarraña (hoja de Fabara, nº 443). En él las distancias en la horizontal han sido medidas a lo largo del trazado meandriforme del río. El segundo alcanza sólo hasta la localidad de Sástago, dado que más al este la llanura aluvial desaparece bajo los embalses de Mequinenza y Ribarroja. En él, las distancias se han tomado siguiendo el valle fluvial. El primero de los perfiles muestra un diseño general bastante rectilíneo y con ciertas convexidades hacia arriba, lo que sugiere un equilibrio todavía incompleto tras la adaptación al descenso reciente del nivel de base. El segundo muestra un escalón bastante pronunciado cuya base coincide exactamente con el tramo anómalo de Gelsa-Velilla. Desde un punto de vista tanto litológico como hidrológico no existen factores (materiales terciarios especialmente resistentes a la erosión o aportes de afluentes) que pudiesen justificar esa pendiente anómala del perfil.

Todo ello induce a plantear la hipótesis de que un proceso tectónico muy reciente ha podido provocar el hundimiento de dicho sector del Ebro. La reactivación o prolongación del movimiento de las fallas NNO-SSE existentes en este área durante el Cuaternario podría explicar todos los hechos descritos: el encajamiento brusco del río y el abandono del tramo de meandro de El Setenal, el trazado rectilíneo del mismo y la ruptura del perfil longitudinal de las terrazas.

### **3. GEOMORFOLOGIA**

#### **3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA**

La hoja de Gelsa se encuentra ubicada en la parte central de la gran unidad fisiográfica que constituye la Depresión Terciaria del Ebro. En su territorio tienen representación las siguientes subunidades fisiográficas:

- a) Cuestas intermedias (orientales), formadas principalmente por los relieves tabulares asociados a niveles carbonatados y/o yesíferos litológicamente más resistentes frente a la erosión que los niveles arcillo-margosos que los incluyen. Constituyen la mayor parte de la superficie de la hoja.

- b) Terrazas cuaternarias, ligadas al cauce del río Ebro que atraviesa en una dirección sensiblemente NNO-SSE la mitad occidental de la hoja.
- c) "Vales", que constituyen una densa red de barrancos de fondo plano particularmente abundantes sobre el substrato yesífero del tercio septentrional de la hoja.
- d) Cuencas endorreicas, representadas por las lagunas estacionales de origen kárstico presentes en la zona suroriental de la hoja.

La región tiene un régimen climático mediterráneo de carácter continental, con temperaturas medias anuales de 15 °C y precipitaciones medias inferiores a 400 mm, lo cual origina la marcada semiaridez de la misma.

La hoja se caracteriza desde el punto de vista orográfico por ser extremadamente llana, con una diferencia altitudinal entre su máxima elevación (vértice Purburrell, 417 m) y el punto más bajo (Meandro de Sástago en el río Ebro) de 282 m. Los únicos escarpes de cierta entidad son los que enmarcan ambas márgenes de la llanura aluvial del Ebro, aunque en ningún caso superan los 100 m de altura.

El principal curso fluvial es el río Ebro, de origen extrazonal, que atraviesa la mitad occidental de la hoja con una dirección NNO-SSE, para, en el mismo borde meridional tomar la dirección O-E dando lugar a una sucesión de meandros encajados espectaculares en las cercanías de Cinco Olivas, Alborge y Sástago.

El resto del área se ve drenada por una red de "vales" o barrancos de fondo plano, de los cuales los más importantes son los de Gelsa, Lopín y Valcenicero. El funcionamiento de estos cursos es esporádico, ya que la mayor parte de la circulación acuosa en la hoja se produce de manera subareal, originando la profusión de fenómenos de *piping*.

Paisajísticamente la hoja presenta, en su mayor parte, las características típicas de la comarca de Los Monegros, con el desarrollo de amplias llanuras y relieves alomados, condiciones generales de aridez, y una vegetación pobre y escasa de arbustos y matorrales, con gran desarrollo de los cultivos de secano. Algunas zonas forestales con variedades de pinos y sabina se localizan hacia el oeste del vértice Purburrell y en las escarpadas vertientes hacia el valle del Ebro de la mitad sur de la hoja.

### 3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

#### 3.2.1. Estudio morfoestructural

Uno de los factores principales a considerar en el análisis geomorfológico de una región es su estudio morfoestructural, condicionado por elementos intrínsecos al substrato geológico como son la composición litológica del mismo y su disposición primigenia, entendiendo como tal su estructura estática, sujeta a la actuación de los agentes erosivos externos.

En este sentido conviene resaltar la existencia en el área objeto de estudio de dos ámbitos morfológicos claramente diferenciables.

Por un lado el territorio situado en el cuadrante NE de la hoja, que litológicamente está constituido por alternancias de margas yesíferas y yesos en bancos, tiene una naturaleza básicamente lábil, especialmente favorable a la generación de morfologías suaves y redondeadas donde apenas se reconocen superficies estructurales, muy degradadas por lo general, y algunas líneas de capa asociadas a los niveles yesíferos de mayor resistencia.

El resto del territorio de la hoja está constituido por una alternancia de niveles calcáreos que, dada su disposición horizontal, desarrollan extensas superficies estructurales, líneas de capa dura y cerros cónicos, con paquetes arcillo-margosos y/o areniscosos que dan lugar a blancos relativos entre los anteriores. Los paleocanales areniscosos, frecuentes en la esquina SO de la hoja forman relieves residuales tras su exhumación por la acción erosiva.

Por último, hay que destacar la influencia tectónica atribuible a la frecuente orientación NE-SO que presentan tanto las "vales" -valles de fondo plano- como las uvalas y dolinas de forma elongada localizadas en la mitad oeste de la hoja, cuya génesis está controlada por un campo de fracturas y diaclasas de similar orientación.

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

#### *3.2.2.1. Laderas*

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

En la hoja de Gelsa son abundantes las vertientes regularizadas de perfiles cóncavos que enlazan suavemente con su nivel de base local, normalmente un valle de fondo plano. Suelen estar recubiertas por una cubierta detritica, generalmente de pequeño espesor, que gana potencia hacia las partes bajas de la misma. Se han cartografiado como coluviones cuando su espesor y extensión superficial lo han permitido.

#### *3.2.2.2. Formas fluviales*

Las acumulaciones fluviales en la hoja de Gelsa están ligadas principalmente al río Ebro, aunque también el Barranco de Lopín conserva algunos retazos de terrazas y un pequeño fondo aluvial por donde discurre.

Un aspecto reseñable que condiciona factores tales como la litología y la ordenación sedimentaria de los depósitos fluviales es la procedencia extrazonal del río Ebro dentro del contexto morfoclimático local, y tanto su régimen hídrico como los materiales acarreados a lo largo del tiempo son reflejo de condiciones morfoclimáticas más húmedas que las que el clima semiárido de la región permite.

El Ebro ha depositado un sistema de terrazas, colgadas las más antiguas y encajadas las dos más recientes (holocenas), en ambas márgenes de su cauce. Estas últimas forman replanos de gran extensión superficial, mientras que los niveles superiores dan lugar a relieve de tipo tabular y cerros cónicos de pequeña altura. Frecuentemente las vertientes de enlace entre niveles sucesivos de terraza se encuentran acoluvionadas por el material de la terraza superior, de lo que son buenos ejemplos los meandros tanto activos (Cinco Olivas-Sástago) como abandonados (Setenal) del borde meridional del mapa.

En esta hoja se encuentran preservados 7 niveles o subniveles cuyas cotas relativas sobre el cauce actual se expresan en la siguiente tabla:

| NIVEL | COTA       |
|-------|------------|
| h     | + 3 - 5 m  |
| g     | +10 m      |
| f     | +18 - 20 m |
| e     | +35 - 40 m |
| d     | +55 m      |
| c     | +70 - 75 m |
| b     | +90 m      |

A estos niveles de terraza había que añadir las barras de gravas (nivel i del mapa Geomorfológico) que ha depositado el Ebro en la época subactual. Asociado al nivel h de terraza en la esquina NO de la hoja pueden reconocerse meandros abandonados, aunque el ejemplo más espectacular lo constituye el ya citado Meandro de Setenal, abandonado tras el depósito del nivel de terraza de +55 m (d).

Otro factor reseñable es el gradual estrechamiento que sufre el valle fluvial del Ebro desde el NO al S de la hoja, pasando a partir de este punto a estar muy encajado, formado un auténtico valle meandriforme sobreimpuesto.

En las abruptas laderas que enmarcan el valle del Ebro son los procesos fluviales de erosión activa los que adquieren un predominio neto. La arroyada es el proceso dominante, y origina la abundancia de barrancos de incisión lineal que en ocasiones dan lugar a auténticas cáravas. En el propio cauce del Ebro se han señalado las zonas de mayor erosión lateral del cauce provocada por la evolución de los meandros.

La desembocadura de algunos barrancos sobre los niveles de terraza da lugar a pérdidas de drenaje -señaladas en el mapa geomorfológico- debido a la permeabilidad de las gravas que conforman las terrazas. En otras ocasiones, y siempre sobre el nivel g (+10 m) de terrazas, se forman conos de deyección que a veces llegan a coalescer.

Otras formas de génesis fluvial distinguidas en la cartografía son las aristas o interfluvios, así como las surgencias de *piping*, generalmente asociadas a los depósitos limo-arcillosos que constituyen los fondos de las "vales" favoreciendo los procesos de erosión subsuperficial.

### *3.2.2.3. Formas poligénicas*

Se incluyen en este apartado aquellos depósitos en cuya génesis interviene más de un proceso formador.

Entre estas formas cabe destacar por su importancia en el modelado el relleno de las "vales" o valles de fondo plano que disecan, a menudo fuertemente, el substrato sobre el que se implantan. Estas "vales" presentan forma de artesa, generalmente sin concavidad de enlace lateral evidente, y son particularmente frecuentes sobre los terrenos margo-yesíferos de la mitad septentrional de la hoja. En la génesis de los depósitos limo-arcillosos que las llenan intervienen aportes laterales -de origen coluvial- y longitudinales -de índole fluvial- siendo posiblemente importantes también los de origen eólico (ALBERTO *et al.*, 1984).

Por otra parte, al ser su litología favorable para el cultivo, se encuentran generalmente ate rrazados, por lo que indudablemente el factor antrópico tiene gran efecto desde el punto de vista de su preservación, al controlar la dinámica de los procesos erosivos.

Se han cartografiado también una serie de depósitos de origen mixto aluvial-coluvial, los cuales constituyen morfologías muy planas entre fondos de "vale" o de enlace entre estos y los coluviones.

Por último, en la hoja de Gelsa existen algunos pequeños afloramientos atribuibles a glaciares de acumulación de pequeño desarrollo. Se localizan en el Valle de Pobles, en la esquina SE de la hoja, así como otro afloramiento a unos 2 km al este de Gelsa, labrándose sobre materiales detriticos blandos (limos, arcillas y areniscas). Su morfología se presenta bastante degradada, no preservándose espesores mayores que 1,5-2 m.

### *3.2.2.4. Formas kársticas*

Se trata de un numeroso conjunto de depresiones cerradas que se localizan principalmente en el cuadrante suroriental de la hoja. Se han cartografiado como dolinas de fondo plano, y presentan una forma groseramente elongada según una dirección NO-SE, llegando algunas de ella a coalescecer y formar uvalas con la misma orientación.

Sus tamaños son diversos, estando comprendidas entre los 100 m y los más de 2,5 km de diámetro que tiene la mayor de ellas, la Laguna de la Playa. Sus profundidades oscilan entre los 5 y 25 m.

Su génesis se ha visto favorecida por dos factores importantes: por un lado, la litología, al estar desarrolladas sobre los términos calcáreos y yesíferos de las unidades 12 y 13, de naturaleza soluble. Por otro, existe un marcado control estructural por un sistema de diaclasas o fracturas de escaso salto de dirección dominante N 150 E. (QUIRANTES, 1965). Las características endorreicas de este sector permiten la infiltración y circulación de las aguas de lluvia a favor de las diaclasas.

En la parte meridional de la zona kárstica la erosión remontante de ciertos barrancos ha permitido la captura de alguna de las dolinas.

### 3.2.2.5. *Formas lacustres*

Las únicas formas lacustres presentes en la hoja de Gelsa corresponden a las áreas endorreicas de tipo playa húmeda que se desarrollan en los fondos de las dolinas y uvalas descritas en el epígrafe anterior.

Las condiciones climáticas de la región, marcadamente áridas, la disposición estructural del terreno donde se asientan, que da a la zona unas características prácticamente arreicas y la naturaleza litológica del substrato que permite el lixiviado de sales, permite la formación de mirasalmueras y la precipitación estacional de sulfatos y cloruros de sodio y magnesio (yeso, mirabilita, thenardita, bloedita y halita principalmente), PUEYO MUR (1978-79).

Ocasionalmente -Laguna de la Playa- estas sales se han llegado a explotar industrialmente.

### 3.2.2.6. *Formas antrópicas*

Se han cartografiado algunas de las numerosas explotaciones a cielo abierto existentes en las laderas que enmarcan el Valle del Ebro. Son de pequeña entidad y generalmente se benefician los niveles de yesos alabastrinos tan frecuentes en la región.

También se ha señalado una zona de relativa extensión superficial situada unos 4 km al norte de Gelsa de bancales agrícolas artificialmente aterrazados con el empleo de maquinaria pesada con el fin de su puesta en regadío.

## 3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

En apartados anteriores se ha realizado una descripción detallada de las características litológicas y genéticas de las formaciones superficiales, así como del contexto geomorfológico en que se sitúan con especial referencia a la morfogénesis. Por ello, sólo queda añadir aquí la presencia en el área de un proceso de regulación de vertientes que da lugar a la existencia de un tapiz de sedimento poco potente e irregularmente distribuido, dominanteamente arcillo-margoso y con inclusión de algunos cantes que, en ningún caso, constituye un revestimiento notable. Donde el espesor del mismo lo ha hecho aconsejable, se han cartografiado como depósitos coluviales.

## 3.4. EVOLUCION DINAMICA

Una vez terminadas las fases de depósito miocenas, que transcurrieron bajo un régimen de tipo endorreico, el establecimiento de la red fluvial del río Ebro como sistema de erosión y transporte exorreico hacia el Mediterráneo constituye el punto de partida de la evolución geomorfológica de la región.

Este cambio de régimen provocó el inicio del vaciado erosivo de la Depresión, y debió producirse hacia el tránsito Mioceno-Plioceno (RIBA *et al.*, 1983) o quizás algo antes, aunque la escasez de dataciones en las facies terminales miocenas dificulta el establecimiento preciso de este momento. Este episodio debió estar acompañado de un levantamiento generalizado de la Cuenca del Ebro.

El comienzo de la exhumación de las series miocenas y oligocenas permite el desarrollo de procesos erosivos diferenciales que paulatinamente y hasta la actualidad van elaborando las distintas morfologías estructurales en forma de mesas o cuestas de bajo buzamiento ligadas a los niveles litológicos de mayor resistencia a la erosión. Hay que considerar los fenómenos de arroyada como agentes principales de este modelado.

En el territorio correspondiente a la hoja de Gelsa -y en toda la Cuenca del Ebro en general- no existen depósitos atribuibles al Plioceno. Los depósitos más antiguos de esta etapa exorreica corresponden a las costras carbonatadas laminar-bandeadas que se localizan en las zonas topográficamente culminantes de la cuenca del Ebro (La Muela, Plana Negra, Sierras de Castejón y Sigüenza, etc...), así como a los depósitos de Piedemonte Pirenaico, que se desarrollan en regiones situadas al norte de la hoja de Gelsa como reflejo de una pedimentación generalizada de la región en tiempos del Pleistoceno inferior.

Con posterioridad a estos episodios, la evolución de la red fluvial regional va modelando el relieve en sucesivas etapas de encajamiento con el desarrollo de los distintos niveles de terrazas asociados al curso del Ebro y de sus afluentes principales. De forma correlativa a la sedimentación de las mismas se generan sucesivos sistemas de glacis de acumulación escasamente representados en la hoja de Gelsa.

La alternancia de etapas de acumulación y encajamiento fluvial que forma distintas secuencias de glacis y terrazas demuestra la alternancia de momentos climáticos cálidos y fríos durante el Pleistoceno, correspondiendo las acumulaciones a climas fríos y húmedos y los encajamientos a climas cálidos y secos, similares al existente en la actualidad.

Durante el Holoceno se desarrollan las últimas acumulaciones, representadas por los depósitos de relleno de las "vales", aluviales y terrazas bajas del río Ebro, conos de deyección, coluviones y depósitos mixtos aluvial-coluviales. También se produce la sedimentación endorreica salina en los fondos de las lagunas estacionales situadas en las dolinas del cuadrante SE de la hoja. Todos estos depósitos son más o menos coetáneos y su desarrollo corresponde al Cuaternario reciente.

En la actualidad, algunas de estas acumulaciones recientes aparecen localmente disectadas por procesos de arroyada como consecuencia de un cambio climático hacia la aridez de menor entidad que los que se interpretan para los sistemas glacis-terrazas.

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

La morfogénesis actual en el sector de la cuenca del Ebro ocupado por la hoja de Gelsa está dominada, como ya se ha dicho, por la tendencia a la semiaridez del clima de la región.

Por tanto, los procesos generadores de morfología más funcionales en la actualidad son de carácter fluvial, tanto de tipo acumulativo - aluvionamientos río Ebro y conos de deyección en las salidas de los barrancos - como erosivo - incisión lineal, arroyada en regueros, acaravamientos -. Estos últimos tienen particular importancia en ambas márgenes del valle del Río Ebro, donde el gradiente de pendiente es mayor.

Los procesos de *piping* son también muy funcionales. Generalmente se producen en los fondos de las "vales", significando un proceso de relleno no activo, o bien un estado de equilibrio acumulación-erosión bastante inestable en el que pequeñas variaciones del entorno pueden modificar la dinámica de las "vales".

Cara al futuro, debe considerarse la acción antrópica como el factor principal de cambio potencial en las condiciones morfodinámicas actuales. Las actuaciones humanas, sobre todo respecto al uso de recursos naturales como agua, suelo y vegetación pueden modificar de forma rápida el delicado equilibrio entre los procesos de erosión y sedimentación.

#### 4. HISTORIA GEOLOGICA

La hoja de Gelsa se sitúa en el sector central de la Cuenca del Ebro, en una posición más cercana a la Cordillera Ibérica que al Pirineo. En ella afloran materiales oligocenos y miocenos que registraron la influencia tanto del borde septentrional, en el cual se produce el emplazamiento de los cabalgamientos pirenaicos y el desarrollo de abanicos aluviales sinorogénicos (PUIGDEFABREGAS et al., 1986) como, en menor medida, del borde meridional (Cordillera Ibérica y zona de enlace Ibérica-Catalánides), donde el desarrollo de un sistema de fallas de desgarre y cabalgamientos produce la progradación de *Fan-deltas* y la creación de discordancias progresivas (ANADÓN et al., 1985).

Como punto de partida de la historia sedimentaria reciente de la Cuenca del Ebro puede tomarse la regresión marina ocurrida en el Eoceno Superior (Priaboniense), que provoca el paso de las condiciones exorreicas hasta entonces dominantes a otras endorreicas, en el marco de las cuales se produce un régimen de sedimentación continental que perdura hasta al menos, el Mioceno medio. Extensos sistemas de abanicos aluviales y redes fluviales distributivas se desarrollan desde los márgenes de la cuenca hacia sus sectores más internos. Interdigitados con las partes distales y marginales de los sistemas aluviales, se formaron importantes depósitos lacustres carbonáticos y evaporíticos. Por otra parte, durante todo el Oligoceno y Mioceno se produce la migración de los depocentros lacustres hacia el oeste desde el sector catalán de la Depresión hasta situarse en el área de Los Monegros, relacionada con el desplazamiento en el mismo sentido de la deformación tectónica en el borde pirenaico.

Los sedimentos más antiguos aflorantes en la hoja de Gelsa pertenecen al Oligoceno superior (Chattiene). Constituyen las unidades genético-sedimentarias, de las que se ha hecho referencia en el capítulo de Estratigrafía, de Mequinenza-Ballobar y de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca (en parte). La primera de ellas está formada por facies fluviales meandriformes depositadas en ambientes distales de un sistema deposicional de abanicos aluviales.

de procedencia meridional, alternando con ambientes lacustre-palustres carbonatados y evaporíticos. La segunda tiene una completa evolución de facies a lo largo de la hoja de Gelsa, desde facies fluviales meandriformes de zonas medias de abanico aluvial, asimismo de procedencia meridional, hasta facies de llanura fangosa distal alternando con episodios lacustre-palustres carbonatados.

Durante el Mioceno inferior (Ageriense-Aragoniente), se depositan y afloran en la actualidad en la hoja además del techo de la unidad precedente otras tres unidades genético-deposicionales, que de muro a techo se han denominado de Galocha-Ontiñena, Bujaraloz-Sariñena y Remolinos-Lanaja.

La primera de ellas evoluciona, a grandes rasgos, desde facies fluviales meandriformes en la parte inferior hacia facies lacustres carbonatadas dominantes en la parte superior. Las facies detríticas evolucionan hacia el NO de la hoja aumentando su distalidad y disminuyendo el número, espesor y tamaño de grano de los canales fluviales, mientras que las facies carbonatadas asimismo se distan, pasando el conjunto hacia la esquina NO de la hoja a un conjunto de margas alternantes con niveles calcáreos y yesíferos que representan ambientes de margen de lago salino. Las dos unidades genético-sedimentarias restantes, de la segunda de las cuales apenas existe en la hoja de Gelsa un pequeño testigo, representan básicamente ambientes distales de tipo lago salino y margen de lago salino, con alguna intercalación lacustre carbonatada y de facies aluviales distales (llanuras lutíticas).

Desde este momento y hasta los tiempos cuaternarios, no existe registro sedimentario en la hoja de Gelsa. Por consideraciones regionales, puede indicarse que la sedimentación se prolongó a lo largo del Mioceno con características similares, localizándose los depocentros sedimentarios hacia el NO de la zona.

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

En el tránsito Mioceno-Plioceno se produce un fuerte cambio en las condiciones de sedimentación de la cuenca. Tras la apertura por parte del río Ebro de una salida a través de la Cordillera Costera Catalana, 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 modelo de erosión diferencial. Las etapas acumulativas permiten la formación de sucesivos niveles de glacis y terrazas asociados a los cauces fluviales principales, estando bien representadas las segundas en la hoja de Gelsa a lo largo del curso del río Ebro.

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

## 5. GEOLOGIA ECONOMICA

### 5.1. RECURSOS MINERALES

#### 5.1.1. **Minerales metálicos y no metálicos**

A este apartado responden los cinco indicios, cuatro de yeso y uno de anhidrita que se reseñan.

Los yesos son explotaciones sobre los niveles superiores que habitualmente se identifican con el Mioceno. De estas explotaciones tan sólo dos permanecen activas. La primera (indicio nº 3) explota un nivel de 0,5 a 2 m de potencia de yeso alabastrino que intercala niveles arcillosos; se trata de una explotación artesanal en que el material se utiliza como corrector agrícola (fabricación de abonos) y como carga en la fabricación de pinturas.

La segunda explotación activa (indicio nº 8) es de gran porte y volumen de extracción, sobre una potencia de 11 m de yeso blanco-grisáceo, ocasionalmente alabastrino. Se somete a una molienda y cribado para seleccionar un producto adecuado a la fabricación de escayola. Las reservas son muy elevadas.

El yacimiento de anhidrita, del Lías inferior; detectado por el sondeo "Gelsa 1" tiene un interés potencial a muy largo plazo (con los conocimientos actuales).

#### 5.1.2. **Rocas industriales**

Los 69 restantes indicios reseñados corresponden mayoritariamente a explotaciones de alabastro, con la excepción de cuatro indicios de arcilla común, uno de áridos y uno de caliza.

Los indicios de arcilla son antiguas explotaciones inactivas, excepto las del extremo suroeste, sobre niveles detríticos intercalados de naturaleza margosa, o limos fluviales en el caso de los indicios 1 y 7.

El indicio de áridos explotó los aluviales del Ebro, gravas de naturaleza poligénica con escaso contenido en arena.

El indicio de caliza se explotó para su uso como aditivo industrial, sobre niveles decimétricos de tipo lacustre.

Las explotaciones de alabastro, muchas de ellas reseñadas como de yeso en el MRI (mapa de rocas industriales 1:200.000), denominación que se ha conservado, son muy numerosas. Las señaladas son un resumen en base a las diferenciadas en los diversos estudios sectoriales.

El material, que se dedica fundamentalmente a la talla de objetos artísticos, se presenta en las series evaporíticas bajas que habitualmente se han citado como "Oligoceno", y que forma de uno o dos niveles de 0,5 a 3,5 m de yeso, en los que la calidad alabastrina se presenta en forma nodular. Ello implica una explotación artesanal de los "bolos" que llegan a alcanzar más de 1 m<sup>3</sup>. Las impurezas determinan variedades, con precios muy diferentes según apreciación del mercado. De ahí la variabilidad del concepto "indicio" en esta sus tantas, en función del valor, aceptación del producto extraído y continuidad (muy aleatoria) de las características; ello obliga a abandonar y abrir sucesivos frentes de explotación.

**MINERALES METALICOS Y NO METALICOS**

| <b>NUMERO<br/>(*)</b> | <b>COOR. UTM<br/>X Y Z</b>             | <b>SUSTANCIA</b> | <b>MUNICIPIO<br/>(Provincia)</b> | <b>MORFOLOGIA<br/>Y/O TIPO</b> | <b>MINERALOGIA</b>       | <b>OBSERVACIONES</b>   |
|-----------------------|--|------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--|
| 3<br>(96)             | X: 719.375<br>Y: 4593.100<br>Z: 280 am | Yeso             | Gelsa (2)                        | Evaporítica<br>(Mioceno)       | Evaporítica<br>(Mioceno) | Formación tabular muy potente (12 m) de yeso alabastro, explotado artesanalmente como aditivo para pinturas (carga) y como corrector agrícola.   |
| 4<br>(?94?)           | X: 720.325<br>Y: 459.800<br>Z: 280 am  | Yeso             | Gelsa (2)                        | Evaporítica<br>(Mioceno)       | Evaporítica<br>(Mioceno) | Corresponde al nº de registro 12959 del MRI (según su ficha); posible labor inactiva de nombre "Valbuena". Podría ser el punto de partida del indicio 3.                               |
| 5<br>(95)             | X: 719.850<br>Y: 4591.250<br>Z: 300 am | Yeso             | Gelsa (2)                        | Evaporítica<br>(Mioceno)       | Evaporítica<br>(Mioceno) | Corresponde al nº de registro 12952 de las fichas del MRI no coincide el paraje ni otras referencias cartográficas. Podría ser el punto de partida del indicio 8.                      |
| 8                     | X: 718.325<br>Y: 4589.475<br>Z: 300 am | Yeso             | Gelsa (2)                        | Evaporítica<br>(Mioceno)       | Evaporítica<br>(Mioceno) | Parece corresponder a la cantera de yesos descrita en la memoria del MRI como dedicada a la molienda y tamizado de yeso para fabricación de escayolas. Cantera sobre 12 m de potencia. |
| 74                    | X: 719.500<br>Y: 4592.650<br>Z: 250 am | Anhidrita        | Gelsa (2)                        | Evaporítica                    | Evaporítica              | Indicío detectado por el sondeo petrolífero "Gelsa 1" (1969) que cortó un potente nivel de 500 m (intercalando dolomías).  |

(\*) Entre paréntesis el del Metalogenético 1:200.000 (2º serie) o el del Mapa de Rocas Industriales

**ROCAS INDUSTRIALES**

| <b>NUMERO<br/>(*)</b> | <b>COOR. UTM<br/>X Y Z</b>            | <b>SUSTANCIA</b> | <b>MUNICIPIO<br/>(Provincia)</b> | <b>MORFOLOGIA<br/>Y/O TIPO</b> | <b>MINERALOGIA</b> | <b>OBSERVACIONES</b>  |
|-----------------------|---------------------------------------|------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------|---|
| 1                     | X: 707.125<br>Y: 4596.875<br>Z: 170 m | Arcilla común    | Pina (Z)                         | Estratiforme                   | -                  | Pequeña explotación para tejar contiguo; inactiva.  |
| 2<br>(90)             | X: 707.875<br>Y: 4594.825<br>Z: 160 m | Arenas y gravas  | Pina (Z)                         | Aluvial reciente               | -                  | Gravera semiactiva de áridos naturales.   |
| 6<br>(86)             | X: 708.500<br>Y: 4590.125<br>Z: 180 m | Arcilla común    | Quinto (Z)                       | Estratiforme (Mioceno)         | -                  | Antigua explotación inactiva para tejar.  |
| 7                     | X: 712.250<br>Y: 4588.975<br>Z: 155 m | Arcilla común    | Gelsa (Z)                        | Estratiforme                   | -                  | Antigua explotación inactiva para tejar anejo.  |
| 9<br>(87)             | X: 710.150<br>Y: 4587.275<br>Z: 210 m | Yeso alabastro   | Quinto (Z)                       | Estratiforme (nodulado)        | -                  | Antigua y pequeña explotación, inactiva, para piedra ornamental.  |
| 10                    | X: 710.300<br>Y: 4586.755<br>Z: 220 m | Yeso alabastro   | Quinto (Z)                       | Estratiforme (nodulado)        | -                  | Antigua y pequeña explotación, inactiva, para piedra ornamental.  |
| 11<br>(89)            | X: 710.150<br>Y: 4586.225<br>Z: 200 m | Yeso alabastro   | Quinto (Z)                       | Estratiforme (nodulado)        | -                  | Pequeña explotación semiactiva con nº 12962 en el MRI (fichas) de nombre "el Manchego". Para piedra ornamental.   |
| 12<br>(88)            | X: 711.100<br>Y: 4588.850<br>Z: 200 m | Yeso alabastro   | Quinto (Z)                       | Estratiforme (nodulado)        | -                  | Pequeñas explotaciones semiactivas que parecen corresponderse con el nº 12963 de las fichas del MRI. Para piedra ornamental. Canteras "Las Dehesas" y "Matamala". |

(\*) Entre paréntesis el del Metalogenético 1:200.000 (2º serie) o el del Mapa de Rocas Industriales

| NUMERO<br>(*) | COOR. UTM<br>X Y Z                    | SUSTANCIA          | MUNICIPIO<br>(Provincia) | MORFOLOGIA<br>Y/O TIPO     | MINERALOGIA | OBSERVACIONES   |
|---------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------|-------------|---|
| 13            | X: 711.525<br>Y: 4585.100<br>Z: 180 m | Alabastro          | Quinto (Z)               | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Antiguas labores inactivas para la extracción de piedra ornamental.           |
| 14            | X: 715.000<br>Y: 4584.800<br>Z: 185m  | Alabastro          | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Aluvial<br>reciente        | -           | Explotación de alabastro no referenciada en MRI; ni en proyectos específicos. |
| 15            | X: 715.225<br>Y: 4585.025<br>Z: 180 m | Alabastro          | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Explotación de alabastro no referenciada en MRI; ni en proyectos específicos. |
| 16            | X: 711.325<br>Y: 4584.575<br>Z: 180 m | Alabastro          | Quinto (Z)               | Estratiforme               | -           | Antiguas labores inactivas para la extracción de piedra ornamental.           |
| 17            | X: 711.750<br>Y: 4584.625<br>Z: 190 m | Alabastro          | Quinto (Z)               | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Antigua labor inactiva para la extracción de piedra ornamental.               |
| 18            | X: 712.350<br>Y: 4584.650<br>Z: 145 m | Gravas y<br>arenas | Quinto (Z)               | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Antigua explotación inactiva para la extracción de áridos naturales.          |
| 19            | X: 715.075<br>Y: 4583.825<br>Z: 180 m | Alabastro          | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Explotación de alabastro no referenciada en MRI, ni en proyectos específicos. |
| 20            | X: 715.400<br>Y: 4584.025<br>Z: 200 m | Alabastro          | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Cantera de alabastro "San José"; semiactiva.                                  |

(\*) Entre paréntesis el del Metalogenético 1:200.000 (2º serie) o el del Mapa de Rocas Industriales

| NUMERO<br>(*) | COOR. UTM<br>X Y Z                    | SUSTANCIA | MUNICIPIO<br>(Provincia) | MORFOLOGIA<br>Y/O TIPO     | MINERALOGIA | OBSERVACIONES   |
|---------------|---------------------------------------|-----------|--------------------------|----------------------------|-------------|---|
| 21            | X: 712.100<br>Y: 4583.350<br>Z: 200 m | Alabastro | Quinto (Z)               | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Explotación inactiva para piedra ornamental.  |
| 22            | X: 712.250<br>Y: 4583.025<br>Z: 200 m | Alabastro | Quinto (Z)               | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Explotación inactiva para piedra ornamental.  |
| 23            | X: 712.625<br>Y: 4582.900<br>Z: 200 m | Alabastro | Quinto (Z)               | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Explotación inactiva para piedra ornamental.  |
| 24            | X: 713.175<br>Y: 4582.800<br>Z: 180 m | Alabastro | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | 96,66% yeso | Explotación "Villa de los Angeles" permiso nº 2630 sobre 130 m de frente con 10-14 m de altura. |
| 25            | X: 714.875<br>Y: 4583.275<br>Z: 180 m | Alabastro | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Explotación de alabastro no referenciada en MRI; inactiva.                                      |
| 26            | X: 715.300<br>Y: 4583.500<br>Z: 185 m | Alabastro | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Explotación de alabastro no referenciada en MRI; inactiva.                                      |
| 27            | X: 717.575<br>Y: 4582.725<br>Z: 210 m | Alabastro | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Explotación de alabastro no referenciada en MRI; inactiva.                                      |
| 28            | X: 718.000<br>Y: 4583.000<br>Z: 200 m | Alabastro | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Explotación "Laura", inactiva, sobre 50 m de frente y 12-14 m de altura. Permiso nº 2504.       |

(\*) Entre paréntesis el del Metalogenético 1:200.000 (2º serie) o el del Mapa de Rocas Industriales

| NUMERO<br>(*) | COOR. UTM<br>X Y Z                    | SUSTANCIA                             | MUNICIPIO<br>(Provincia) | MORFOLOGIA<br>Y/O TIPO     | MINERALOGIA | OBSERVACIONES   |
|---------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------|---|
| 29            | X: 719.900<br>Y: 4582.850<br>Z: 260 m | Alabastro<br>variedad veteado en rosa | Sástago (Z)              | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a la ficha nº 12980 del MRI (no referenciada en mapa), explotación inactiva "Valdeciruela II".  |
| 30 (100)      | X: 712.300<br>Y: 4582.325<br>Z: 220 m | Caliza                                | Belchite (Z)             | Estratiforme               | -           | Explotación inactiva de caliza que se utilizó como aditivo (posiblemente en la industria papelera). Banco de 2 m en frente de 200 m.                                    |
| 31            | X: 713.050<br>Y: 4582.350<br>Z: 200 m | Alabastro                             | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Cantera "Los Angeles", inactiva.  |
| 32            | X: 713.400<br>Y: 4582.200<br>Z: 160 m | Alabastro                             | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) |             | Canteras inactivas de alabastro no referenciadas en el MRI.   |
| 33            | X: 715.275<br>Y: 4582.125<br>Z: 180 m | Alabastro                             | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Cantera inactiva correspondiente a la ficha nº 12993 del MRI (no figura en mapa) de nombre "Sotenal" sobre 2 niveles en 12-15 m de altura de banco y 150 m de longitud. |
| 34            | X: 715.300<br>Y: 4582.475<br>Z: 180 m | Alabastro                             | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Grupo de labores inactivas no referenciadas en MRI. Cuatro canteras.  |
| 35            | X: 715.725<br>Y: 4582.325<br>Z: 210 m | Alabastro                             | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Grupo de labores inactivas no referenciadas en MRI. Cuatro canteras.  |
| 36            | X: 717.500<br>Y: 4582.350<br>Z: 210 m | Alabastro                             | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Labor inactiva no referenciada en MRI.  |

(\*) Entre paréntesis el del Metalogenético 1:200.000 (2º serie) o el del Mapa de Rocas Industriales

| NUMERO<br>(*) | COOR. UTM<br>X Y Z                     | SUSTANCIA           | MUNICIPIO<br>(Provincia) | MORFOLOGIA<br>Y/O TIPO     | MINERALOGIA | OBSERVACIONES  |
|---------------|--|---------------------|--------------------------|----------------------------|-------------|--|
| 37            | X: 718.250<br>Y: 4582.500<br>Z: 210 m  | Alabastro           | Alforque (Z)             | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Dos labores inactivas no referenciadas en MRI.   |
| 38            | X: 719.625<br>Y: 4582.350<br>Z: 210 m  | Alabastro           | Sástago (Z)              | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Labor inactiva no referenciada en MRI.   |
| 39            | X: 715.275<br>Y: 4581.825<br>Z: 220 m  | Alabastro           | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a la ficha del MRI nº 12991<br>(sin reflejo en mapa) y es la cantera inactiva de<br>nombre "Sotenas" del Charco, sobre un nivel<br>de alabastro en 50 m de longitud de frente.                                     |
| 40            | X: 715.550<br>Y: 4581.875<br>Z: 220 m  | Alabastro           | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Dos canteras inactivas no referenciadas en el<br>MRI y correspondientes también al permiso<br>2487 (Sotenal).  |
| 41            | X: 718.175<br>Y: 4581.925<br>Z: 200 m  | Alabastro           | Alforque<br>(Z)          | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Cantera inactiva no referenciada en MRI.   |
| 42<br>(97)    | X: 712.800<br>Y: 4581.450<br>Z: 180 m  | Yeso<br>Alabastrino | Belchite<br>(Z)          | Estratiforme               | -           | Corresponde a la ficha de MRI nº 12953 del<br>MRI, cantera "Sarreal" que está semiactiva y explo-<br>ta el yeso, tanto para la fabricación de escayolas<br>como para roca ornamental.  |
| 43            | X: 715.525<br>Y: 4581.500<br>Z: 200 m  | Alabastro           | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a la ficha nº 12989 del MRI, sin<br>expresión en el mapa. Se trata de dos canteras inactivas<br>del permiso 2487 "Sotenal" sobre un nivel de alabastro<br>en la base de un banco de 12-15m.                        |
| 44            | X: 7719.600<br>Y: 4581.650<br>Z: 200 m | Alabastro           | Sástago<br>(Z)           | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a la ficha nº 12979 del MRI (sin<br>expresión en el mapa). Se trata de dos canteras<br>inactivas de nombre "Valdeciruela" y nº de permiso<br>2468 que explotó un nivel en 11-12 m de banco y<br>50-60 m de frente. |

(\*) Entre paréntesis el del Metalogenético 1:200.000 (2º serie) o el del Mapa de Rocas Industriales

| NUMERO<br>(*) | COOR. UTM<br>X Y Z                    | SUSTANCIA | MUNICIPIO<br>(Provincia) | MORFOLOGIA<br>Y/O TIPO     | MINERALOGIA | OBSERVACIONES  |
|---------------|---------------------------------------|-----------|--------------------------|----------------------------|-------------|--|
| 45            | X: 720.100<br>Y: 4581.825<br>Z: 210 m | Alabastro | Sástago (Z)              | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Explotación inactiva no referenciada en el MRI.  |
| 46            | X: 721.425<br>Y: 4582.000<br>Z: 200 m | Alabastro | Sástago (Z)              | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a la ficha nº 12978 de la explotación "Valdeciruela", inactiva. Conjunto de cinco canteras sobre 7 m de altura de frente.  |
| 47            | X: 721.800<br>Y: 4581.775<br>Z: 210 m | Alabastro | Sástago (Z)              | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a la ficha nº 12977 del MRI, sin expresión cartográfica; y a una explotación inactiva sobre el permiso nº 2468 "Valdeciruela" con dos niveles; explotado el inferior.                              |
| 48            | X: 715.250<br>Y: 4581.350<br>Z: 180 m | Alabastro | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a una explotación activa de alabastro no reseñada en el MRI. Cinco canteras inmediatas.  |
| 49            | X: 715.625<br>Y: 4581.150<br>Z: 200 m | Alabastro | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a tres canteras inactivas inmediatas, sin expresión en el MRI.   |
| 50            | X: 718.875<br>Y: 4581.225<br>Z: 200 m | Alabastro | Alforque<br>(Z)          | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a la ficha nº 12982 del MRI sin expresión cartográfica. Se trata de la cantera inactiva Gros II del Permiso 2466 sobre un nivel en la base de un banco de 12-14 m a lo largo de unos 50 de frente. |
| 51            | X: 719.100<br>Y: 4581.050<br>Z: 200 m | Alabastro | Alforque<br>(Z)          | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a la ficha nº 12983 del MRI (sin expresión en mapa) y se trata de la cantera inactiva "Gros I" sobre el permiso 2466 en un nivel en la base de un banco de 12 m y una longitud de frente de 400 m. |
| 52            | X: 720.050<br>Y: 4581.350<br>Z: 180 m | Alabastro | Sástago<br>(Z)           | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a la explotación inactiva Valdeciruela II del permiso 2468 en un nivel dentro de un banco de 14-16 m y a lo largo de 400-500 m. Sin referencia en el MRI. Dos canteras.                            |

(\*) Entre paréntesis el del Metalogenético 1:200.000 (2º serie) o el del Mapa de Rocas Industriales

| NUMERO<br>(*) | COOR. UTM<br>X Y Z                    | SUSTANCIA                      | MUNICIPIO<br>(Provincia) | MORFOLOGIA<br>Y/O TIPO     | MINERALOGIA | OBSERVACIONES  |
|---------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------|--|
| 53            | X: 715.300<br>Y: 4580.725<br>Z: 220 m | Alabastro                      | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a la ficha nº 12988 del MRI (sin expresión en mapa), dos canteras inactivas, "El Pozo". Sobre un nivel en 20 m de banco. permiso 2487.                                     |
| 54            | X: 718.350<br>Y: 4580.800<br>Z: 175 m | Alabastro<br>rosáceo-gris      | Sástago (Z)              | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a la ficha nº 12981 del MRI, cantera inactiva "Gros III" del permiso nº 2466 sobre un nivel grueso en base de un banco de 7-9 m y 70 de longitud.                          |
| 55            | X: 718.775<br>Y: 4580.775<br>Z: 200 m | Alabastro                      | Alforque (Z)             | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Labor inactiva no referenciada en el MRI.  |
| 56            | X: 713.550<br>Y: 4580.200<br>Z: 190 m | Alabastro                      | La Zaida<br>(Z)          | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Labor inactiva no referenciada en el MRI.  |
| 57            | X: 715.250<br>Y: 4580.175<br>Z: 190 m | Alabastro                      | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a la ficha 12961 de MRI sin expresión en mapa; cantera semiactiva sobre 2 niveles en 8 m de banco y 100 de frente.   |
| 58<br>(99)    | X: 715.825<br>Y: 4580.250<br>Z: 205 m | Alabastro<br>(Yeso alabastino) | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde al indicio 99 del MRI, ficha nº 12987. Cantera activa "Sotenal" sobre el permiso 2487. Se explota un nivel de alabastro en la base de un banco de 12-15 m y 120 de frente. |
| 59            | X: 717.250<br>Y: 4580.275<br>Z: 200 m | Alabastro                      | Alforque<br>(Z)          | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Grupo de 3 labores inactivas próximas que corresponden a la ficha 12986 de MRI (sin expresión en mapa). Un nivel en banco de 20 m y 280 m de frente.                                   |
| 60            | X: 718.125<br>Y: 4580.475<br>Z: 180 m | Alabastro                      | Alforque<br>(Z)          | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Labor inactiva no referenciada en el MRI.  |

(\*) Entre paréntesis el del Metalogenético 1:200.000 (2º serie) o el del Mapa de Rocas Industriales

| NUMERO<br>(*) | COOR. UTM<br>X Y Z                    | SUSTANCIA           | MUNICIPIO<br>(Provincia) | MORFOLOGIA<br>Y/O TIPO     | MINERALOGIA | OBSERVACIONES   |
|---------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------------|-------------|---|
| 61            | X: 718.900<br>Y: 4580.550<br>Z: 180 m | Alabastro           | Alforque<br>(Z)          | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Labor inactiva no referenciada en el MRI.   |
| 62            | X: 713.700<br>Y: 4579.975<br>Z: 180 m | Alabastro           | Sástago (Z)              | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a la ficha nº 12995 del MRI (sin expresión en mapa). Cantera inactiva "Mundina centro" del permiso 2451 sobre un nivel en la base de un banco de 10-14 m y hasta 200 m de frente. |
| 63            | X: 713.925<br>Y: 4579.750<br>Z: 175 m | Alabastro           | La Zaida (Z)             | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a una cantera inactiva no referenciada en el MRI.   |
| 64            | X: 715.500<br>Y: 4580.025<br>Z: 170 m | Alabastro           | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a una cantera inactiva no referenciada en el MRI.   |
| 65            | X: 716.475<br>Y: 4579.925<br>Z: 190 m | Alabastro           | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a una cantera semiactiva del permiso "Sotenal" no referenciada en el MRI.   |
| 66            | X: 718.500<br>Y: 4580.250<br>Z: 180 m | Alabastro           | Alforque<br>(Z)          | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a una cantera inactiva no referenciada en el MRI.   |
| 67            | X: 715.850<br>Y: 4579.750<br>Z: 200 m | Yeso<br>alabastrino | Velilla de Ebro<br>(Z)   | Estratiforme<br>(nodulado) | -           | Corresponde a cuatro labores citadas como activas y para yeso en el inventario del ITGE de 1974. Hoy inactivas y referenciadas como de alabastro.   |

(\*) Entre paréntesis el del Metalogenético 1:200.000 (2º serie) o el del Mapa de Rocas Industriales

| NUMERO<br>(*)  | COOR. UTM<br>X Y Z                    | SUSTANCIA      | MUNICIPIO<br>(Provincia) | MORFOLOGIA<br>Y/O TIPO  | MINERALOGIA | OBSERVACIONES  |
|----------------|---------------------------------------|----------------|--------------------------|-------------------------|-------------|--|
| 68<br>(83, 84) | X: 708.500<br>Y: 4579.350<br>Z: 260 m | Arcilla común  | Azaila (T)               | Estratiforme            | -           | Dos canteras de arcilla para la fabricación de ladrillos; de explotación intermitente sobre unos 10 m de potencia y 50 m de frente bajo 5 m de recubrimiento.  |
| 69<br>(98)     | X: 713.025<br>Y: 4579.500<br>Z: 210 m | Yeso alabastro | La Zaida (Z)             | Estratiforme (nodulado) | -           | Corresponde al indicio 98 del MRI ficha 12960 y se trata de una cantera activa sobre dos niveles con un banco de 12 m y 200 m de frente, pertenece al permiso "Mundina".   |
| 70             | X: 713.425<br>Y: 4579.300<br>Z: 180 m | Yeso alabastro | La Zaida (Z)             | Estratiforme (nodulado) | -           | Cantera activa perteneciente al grupo "Mundina".   |
| 71             | X: 714.100<br>Y: 4579.250<br>Z: 180 m | Alabastro      | La Zaida (Z)             | Estratiforme (nodulado) | -           | Cantera inactiva no referenciada en el MRI.  |
| 72             | X: 717.125<br>Y: 4579.475<br>Z: 180 m | Alabastro      | Alforque (Z)             | Estratiforme (nodulado) | -           | Corresponde a la ficha 12985 del MRI (sin expresión cartográfica). Se trata de siete canteras inactivas del grupo "Gros" (permiso 2466) que explotaron un nivel en banco de 18-20 m y 200 m de frente. Alabastro blanco translúcido. |
| 73             | X: 717.075<br>Y: 4579.275<br>Z: 130 m | Alabastro      | Alforque (Z)             | Estratiforme (nodulado) | -           | Corresponde a una cantera semiactiva del permiso Gros (2466) que está referenciada en la ficha 12984 del MRI (sin expresión cartográfica) y de características similares a la anterior.  |

(\*) Entre paréntesis el del Metalogenético 1:200.000 (2º serie) o el del Mapa de Rocas Industriales

El yeso alabastrino se presenta bajo 6 a 15 m de serie lacustre evaporítica, con calizas marcas, yesos y arcillas rojas. El muro habitualmente es yeso o calizas.

## 5.2. HIDROGEOLOGIA

La única formación acuífera que se encuentra dentro de la hoja está constituida por los depósitos aluviales del Río Ebro, que se localiza dispuesta en dirección norte-sur en el sector occidental y forma parte del sistema acuífero nº 62: Aluvial del Ebro y Afluentes (ver esquema hidrogeológico regional).

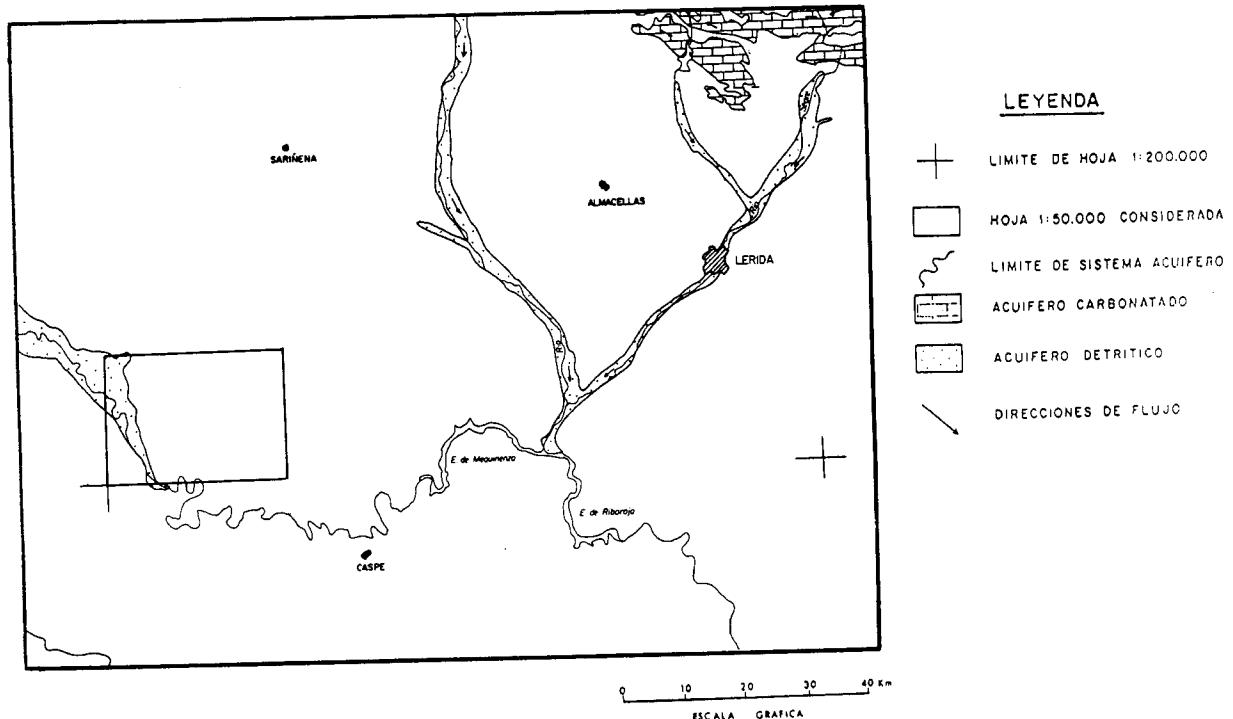
Además de los ya mencionados, destacan el resto de materiales cuaternarios (glacis, coluviones y rellenos de valle) por presentar una permeabilidad media aunque, debido a su escaso. Las formaciones terciarias son de permeabilidad baja o muy baja en general con la excepción de las unidades carbonatadas y yesíferas que parecen presentar cierta permeabilidad originada por la red de diaclasas existentes en ellas.

Debido a las características señaladas, los principales estudios hidrogeológicos realizados históricamente en el área se han restringido al aluvial del Río Ebro. En el informe sobre el sistema acuífero nº 62, llevado a cabo por el ITGE dentro del Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (1978), se han establecido las principales características en cuanto a parámetros hidráulicos del acuífero y funcionamiento del mismo.

Con respecto al comportamiento de los materiales terciarios, el interés por conocer la hidrogeología de la zona surgió a raíz del proyecto de la puesta en regadío del Polígono Monegros II. Se han realizado recientemente algunos estudios entre los que cabe citar: M.O.P.U.-C.S.I.C. (1989), I.E.A.-D.P.H. (1989) e IRYDA (1989).

Existen un total de 43 puntos de agua inventariados en la hoja (4 manantiales, 29 pozos y 10 sondeos) cuya distribución por octantes es la siguiente:

| OCTANTE      | Nº DE PUNTOS |           |           | TOTAL     |
|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
|              | MANANTIALES  | POZOS     | SONDEOS   |           |
| 1            | —            | 16        | 1         | 35        |
| 1            | 3            | 2         | 3         | 8         |
| 2            | —            | —         | 2         | 2         |
| 3            | —            | 1         | —         | 1         |
| 4            | —            | 8         | —         | 8         |
| 5            | —            | 2         | 4         | 6         |
| 7            | 1            | 5         | —         | 6         |
| 8            | —            | 11        | 1         | 12        |
| <b>TOTAL</b> | <b>4</b>     | <b>29</b> | <b>10</b> | <b>43</b> |



*Fig. 13. Esquema hidrogeológico regional*

### **5.2.1. Climatología**

La red de control instalada por el Instituto Nacional de Meteorología dentro del área consta de siete estaciones (cuatro pluviométricas y tres termopluviométricas).

La precipitación media anual se sitúa entre los 350 y 400 mm, siendo la primavera y el otoño las épocas más lluviosas.

La temperatura media anual es de 14-16 °C. La temperatura media del mes más frío es de 6-7 °C y la del más caluroso de 24-26 °C.

La evapotranspiración potencial tiene unos valores medios anuales de 900 a 1000 mm. Los déficits son muy acusados, sobre todo en la época estival.

El clima de la hoja de Gelsa según la clasificación de PAPADAKIS es de tipo Mediterráneo Continental Templado, con un invierno tipo Avena fresco y un verano que oscila entre Arroz al Norte y Algodón más cálido al sur. En cuanto al régimen de humedad, queda definido como Mediterráneo seco.

### **5.2.2. Hidrología**

El Ebro es el principal curso permanente de agua que aparece en la hoja. A su paso por la misma su curso es tranquilo y su cauce, que es tranquilo a lo largo de las vegas de Quinto, Gelsa y Velilla de Ebro se encaja en los meandros de Cinco Olivas y Alborgue.

Toda la hoja está incluida en la cuenca del Ebro. Según la clasificación decimal de ríos del M.O.P.U. (1966) se diferencian cinco subcuenca de tercer orden vertientes todas ellas directamente al Ebro.

Los numerosos barrancos y valles existentes no encierran ninguna corriente permanente de agua con la excepción del Barranco de Lopín, situado en la esquina suroccidental de la zona.

Hay que destacar la existencia de numerosas acequias que se concentran en las proximidades del Ebro y a lo largo de su curso.

### **5.2.3. Características hidrogeológicas**

La única formación acuífera definida en la hoja corresponde a los depósitos aluviales asociados al Ebro. Se consideran también de cierto interés, aunque mucho más restringido el resto de materiales cuaternarios presentes así como las formaciones terciarias formadas por calizas y yesos y que, a favor del diaclasado que se ha desarrollado en ellas, permiten una circulación de agua.

#### *5.2.3.1. Depósitos aluviales del Ebro*

Forman parte del sistema acuífero número 62 -"Aluvial del Ebro y Afluentes"- definido por el ITGE, concretamente pertenecen al tramo denominado "Zaragoza-Gelsa".

El acuífero está constituido por la llanura de inundación actual y los diferentes niveles de terrazas interconectados entre sí y con la citada llanura. El espesor habitual de las terrazas oscila entre 3 y 8 m. Su litología característica es de gravas y cantes en una matriz limo-arcillosa.

Existen dos puntos que pertenecen a la red piezométrica del ITGE: 2916-1-0003 y 2916-5-0001. La evolución de los niveles demuestra la influencia que tienen los retornos de regadío sobre la superficie piezométrica ya que ésta presenta sus valores más altos en la época estival.

El sentido de flujo subterráneo tiene dos componentes principales, una hacia el río y otra paralela al mismo. El gradiente estimado es de 0'1-0'3%.

La recarga del acuífero se produce por infiltración de la precipitación, retornos de regadíos, afluentes laterales al llegar a los materiales permeables y del propio Río Ebro en épocas de avenida. La descarga natural se realiza hacia el río.

Según los datos obtenidos en el PIAS, la extensión total del acuífero en el tramo "Zaragoza-Gelsa" es de 170 km<sup>2</sup>, con unos recursos de 63 Hm<sup>3</sup>/año y unas reservas de 102 Hm<sup>3</sup>. La transmisividad toma valores entre 1000 y 2000 m<sup>2</sup>/día.

#### 5.2.3.2. Otros depósitos cuaternarios

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

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

En general tienen espesores pequeños y una extensión superficial reducida por lo que tienen unos recursos muy limitados y capaces de atender tan sólo demandas pequeñas muy puntuales.

#### 5.2.3.3. Materiales terciarios

Los depósitos terciarios presentes en la hoja son en general de permeabilidad muy baja con la excepción de las unidades cartográficas 12 y 13 correspondientes mayoritariamente a calizas y yesos respectivamente. La existencia de una red de diaclasas o fracturas en estas últimas unidades condiciona la circulación de agua a través de ellas. Asimismo, el desarrollo de numerosas zonas endorreicas existentes en estas unidades está condicionado por la naturaleza litológica de las mismas.

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

- La primera, considera a las formaciones terciarias en su conjunto como un medio homogéneo de baja permeabilidad con un nivel de saturación próximo a la superficie y adaptado a la misma. Se admite la existencia de flujos locales, flujos intermedios y flujos profundos, siendo estos últimos los principales responsables de la alimentación de las zonas húmedas.

- La segunda hipótesis, considera la existencia de un sistema acuífero multicapa superficial o epidérmico que se recarga directamente del agua de lluvia, con salidas naturales a las lagunas o depresiones cerradas, en donde tienen lugar notables pérdidas por evaporación ó subterráneamente por zonas de circulación preferencial (red de fracturación) en las formaciones yesíferas subyacentes, hacia la Valcuerna o Ebro (hoja de Bujaraloz). En esta hipótesis no se descartan la existencia de flujos profundos que siguen vías ascensionales asociadas a las alineaciones de fracturas de una cierta entidad aunque se consideran irrelevantes.

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

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

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

#### 5.2.4. Hidrogeoquímica

Las formaciones terciarias albergan aguas muy mineralizadas. Las más mineralizadas tienden a localizarse en las proximidades de las lagunas. Respecto a la composición aniónica, predominan las aguas sulfatadas aunque en algunos casos son sulfatadas-cloruradas o cloruradas-sulfatadas. La composición catiónica es más variable, con cierto dominio de las magnésicas y sódicas sobre las cálcicas aunque son numerosas las que presentan estadios intermedios.

No se dispone de análisis químicos de las aguas subterráneas contenidos en los depósitos cuaternarios presentes en la hoja. Según datos obtenidos en depósitos similares de otras zonas próximas se trata de aguas con menos mineralización que las anteriores aunque también es alta y suele variar ostensiblemente según la época del año.

### 5.3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES

En la hoja de Gelsa pueden diferenciarse, atendiendo a los aspectos litológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos de los materiales que la constituyen, dos áreas de comportamiento-

to geotécnico diferente. Estas a su vez se han subdividido en zonas que engloban distintas unidades cartográficas del mapa geológico.

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

#### AREA I

Comprende los depósitos terciarios con predominio de facies yesíferas, margo-carbonatadas y arcillo-arenosas que no constituyen relieves de importancia.

Dentro de este área se pueden distinguir las siguientes zonas:

##### Zona $I_1$

A ella pertenecen las unidades cartográficas: (1), (5), (8) y (14).

Está constituida por arcillas y areniscas en capas de escasa potencia. La disposición es subhorizontal con suaves pendientes hacia el NO.

Aunque la cementación de las areniscas no es muy fuerte, sin embargo, esta unidad puede presentar cierta resistencia al ripado.

El drenaje tanto superficial como profundo es deficiente.

##### Zona $I_2$

A ella pertenecen las unidades cartográficas: (3), (6), (10) y (12).

Está formada por calizas y margas distribuidas en capas de potencias variables, entre varios centímetros y 1 m. Su disposición es subhorizontal.

Puede presentar problemas de ripabilidad en los niveles de caliza, cuando estos alcanzan espesores próximos a 1 m.

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.

##### Zona $I_3$

A ella pertenecen las unidades cartográficas: (2), (13) y (16).

Está formada por yesos tabulares, en ocasiones con capas de caliza. Presentan un aspecto masivo o tabular.

No son ripables, y en conjunto se comportan como impermeables, aunque la acción de la escorrentía puede originar problemas de disolución.

Admite taludes subverticales estables.

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

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

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

Está constituida por areniscas en bancos potentes y arcillas.

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

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

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>s</sub>*

A ella pertenecen las unidades cartográficas: (9), (11), (15) y (17).

Está constituida por margas con intercalaciones de calizas y yesos.

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

Es una formación escasamente ripable.

El drenaje tanto superficial como profundo es deficiente.

## *AREA II*

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

Se han distinguido las siguientes zonas:

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

Está formada por las unidades cartográficas: (18), (19), (20), (21), (22), (24) y (28).

Está constituida por bloques y cantos redondeados de naturaleza predominantemente calcárea y arenas. Presentan morfología de terrazas.

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

Los taludes se mantienen prácticamente verticales.

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

#### Zona II<sub>2</sub>

Está formada por las unidades cartográficas: (23) y (25).

Está constituida por limos, arcillas y gravas angulosas.

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

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

La ripabilidad es alta, mientras que la permeabilidad es muy baja.

#### Zona II<sub>3</sub>

Está formada por las unidades cartográficas: (27) y (29).

Está constituida por limos, arcillas, arenas y gravas.

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

#### Zona II<sub>4</sub>

Está formada por la unidad cartográfica: (30).

Está constituida por limos, arcillas, arenas y gravas.

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

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

#### Zona II<sub>5</sub>

Está formada por la unidad cartográfica: (26).

Está constituida por arcillas y limos con sales. Corresponden a fondos de origen endorreico, en disposición horizontal.

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

Puede presentar problemas de asientos y de agresividad a los hormigones por la presencia de yesos.

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

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

Orográficamente se caracteriza por su gran planitud. La litología representada pertenece a unos materiales de edad terciaria formados por alternancia de materiales detrítico-carbonatados dominantes en la mitad suroccidental de la hoja, y evaporitas dominando en la mitad nororiental de la misma. Además se encuentran diversos depósitos de edad cuaternaria. La estructura sedimentaria es sencilla estando los materiales en disposición subhorizontal.

Teniendo en cuenta estas características generales de la hoja, además de un conocimiento más amplio de la geología de la hoja por parte de los técnicos que han participado en su elaboración, se ha establecido una selección de posibles P.I.G., siempre usando un método directo de subjetividad aceptado por todos (CLAVER *et al.*, 1984).

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

### P.I.G. nº 1

La laguna de la Playa se desarrolla sobre materiales carbonatados y yesíferos de naturaleza soluble con un marcado control estructural por un sistema de diaclasas, fracturas de escaso salto con una dirección dominante N150E. Esta disposición del terreno donde se orienta, que da a la zona unas características endorreicas, y la naturaleza de la litología del sustrato, que permite el lixiviado de sales, originan la formación de salmueras.

**CUADRO RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE LOS MATERIALES DE LA HOJA DE GELSA**

| AREAS | ZONAS           | UNIDADES CARTOG.                     | LITOLOGIA  | ESTRUCTURA                           | CARACTERISTICAS GEOTECNICAS  |
|-------|-----------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| I     | I <sub>1</sub>  | (1),(5),(8) y (14)                   | Arcillas y areniscas en capas de escasa potencia | Disposición subhorizontal            | Fácilmente ripables a excepción de algunas capas de areniscas muy cementadas. Drenaje superficial y profundo deficiente  |
|       | I <sub>2</sub>  | (3),(6),(10) y (12)                  | Alternancia de calizas y margas                  | Disposición subhorizontal            | Problemas de ripabilidad en los niveles carbonatados potentes. Posibles desprendimientos de bloques por descalse de niveles margosos subyacentes. Buen drenaje superf. |
|       | I <sub>3</sub>  | (2), (13) y (16)                     | Yesos tabulares                                  | Aspecto masivo o tabular             | No ripables. Impermeables. Admite taludes subverticales estables. Problemas de agresividad a los hormigones.   |
|       | I <sub>4</sub>  | (4) y (7)                            | Areniscas en bancos potentes y arcillas          | Disposición subhorizontal            | Formación ripable, a excepción de los bancos potentes de areniscas. Drenaje superficial y profundo deficiente. Estabilidad en desmontes deficiente                     |
|       | I <sub>5</sub>  | (9),(11),(15) y (17)                 | Margas con intercalaciones de calizas y yesos    | Aspecto masivo                       | Problemas de agresividad a los hormigones. Formación escasamente ripable. El drenaje tanto superficial como profundo es deficiente                                     |
| II    | II <sub>1</sub> | (18),(19),(20),(21),(22),(24) y (28) | Bloques y cantos redondeados y arenas            | Morfología de terrazas               | Formación ripable. Materiales aptos para la obtención de gravas y préstamos. Admite taludes verticales. Permeabilidad elevada  |
|       | II <sub>2</sub> | (23) y (25)                          | Limos, arcillas y gravas angulosas               | Estructura de Glacis                 | Taludes inestables por erosibilidad. Ripabilidad elevada. Permeabilidad muy baja   |
|       | II <sub>3</sub> | (27) y (29)                          | Limos, arcillas, arenas y gravas                 |                                      | Ripabilidad elevada. Permeabilidad de media a alta. No presenta problemas de drenaje. Taludes naturales bajos  |
|       | II <sub>4</sub> | (30)                                 | Limos, arcillas, arenas y gravas                 | Relleno de pequeños cauces fluviales | Ripabilidad elevada. Permeabilidad media a alta, sin problemas de drenaje. Taludes naturales bajos   |
|       | II <sub>5</sub> | (26)                                 | Arcillas y limos con sales                       | Zonas endorréicas                    | Zona inundable y con mal drenaje superficial. Puede presentar problemas de asientos y de agresividad a los hormigones  |

### P.I.G. nº 2

Se localiza en un depósito de fondo de "vale" formado por materiales detrítico-carbonatados que engloban cantes calizos. Es un ejemplo de conducto de tipo galería generado por procesos de *piping*, proceso generalizado de gran importancia morfogenética en toda la Cuenca del Ebro.

### P.I.G. nº 3

Foto aérea de un tramo del río Ebro que representa un ejemplo extraordinario de dinámica fluvial de tipo meandriforme de las zonas de curso bajo de un río próximo a su perfil de equilibrio.

Estos meandros dejan colgados hasta los niveles de terrazas fácilmente visibles en múltiples lugares.

## 7. GEOFISICA Y SONDEOS

La información de geofísica con que cuenta la hoja de Gelsa es abundante y variada debido a la importante investigación petrolera iniciada hace varias décadas.

Esta investigación hace que se disponga de información del sondeo profundo, GELSA-1, con diagrafías.

Por lo que respecta a las campañas de sísmica de reflexión solo se cuenta con una línea sísmica, la ZA-28.

La gravimetría, procedente de la campaña desarrollada por ENPASA en 1962, se ha realizado con una malla de 4 estaciones/km<sup>2</sup> y presenta un aceptable detalle, al poderse observar unas directrices estructurales de dirección NO-SE, paralelas al borde de la Cuenca.

Complementariamente se dispone de información procedente de Campañas de Sondeos Electromagnéticos en la modalidad del Dominio de Tiempos, realizadas en 1991. Los perfiles generados aportan una valiosa información sobre las características y la disposición espacial de los materiales de Terciario.

| CUADRO RESUMEN DE LA INFORMACION GEOFISICA |                                     |
|--|-------------------------------------|
| SONDEOS                                    | GELSA-I                             |
| LINEAS SISMICAS                            | ZA-28                               |
| GRAVIMETRIA                                | 4 estaciones/km <sup>2</sup> (1962) |
| SEDT                                       | PEM-7, PEM-2, PEM-8 (1991)          |

## 8. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTÍ, J.; ANADÓN, P.; ARBIOL, S. y CABRERA, LL. (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. y CABRERA, LL.; COLOMBO, F. y SAEZ, A. (1987). Biostratigraphical characteristics of the Oligocene sequences of North-Eastern Spain (Ebro and Campins Basins). *Münchener Geowiss. Abh.*, (A), 10, 35-42, 2 figs.
- AGUSTÍ, J.; ANADÓN, P.; ARBIOL, S. y CABRERA, LL. (1988). A Late Oligocene-Early Miocene rodent biozonation from the SE Ebro Basin (NE Spain). A potential mammal stage stratotype. *Newsl. Stratigr.* 18 (2) pp. 81-97, 5 fig. Berlin-Stuttgart.
- ALBERTO, F.; GUTIÉRREZ, M.; IBÁÑEZ, M. J.; MACHÍN, J.; PEÑA, J. L.; POCOVÍ, A., y RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1984). El Cuaternario de la Depresión del Ebro en la región aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes. *Univ. de Zaragoza. Estación Experimental de Aula Dei.* Zaragoza, 217, pp. 2 mapas.
- ALVAREZ-SIERRA, M. A.; DAAMS, R.; LACOMBA, J. I.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, N.; VAN DER MEULEN, A. J.; SESE, C. Y DE VISSER, J. (1990). Paleontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta Geologica*. 94: 75 pp.
- ANADÓN, P.; COLOMBO, F.; ESTEBAN, M.; MARZO, M.; ROBLES, S.; SANTANACH, P. y SOLE SUGRÀNES, LL. (1979). Evolución tectonoestratigráfica de Los Catalánides. *Acta Geológica Hispánica*. t. 14, Homenaje a Lluís Solé Sabaris, pp. 242-270. 2 mapas.
- ANADÓN, P.; CABRERA, LL.; GUIMERA, J. y SANTANACH, P. (1985). Paleogene strike-slip deformation and sedimentation along the southeastern margin of the Ebro Basin. In: K. Biddle and N. Christie-Blick (eds.). *Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation. Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Mineralogists*, 37: 303-318.
- ANADÓN, P.; CABRERA, LL.; COLOMBO, F.; MARZO, M. y RIBA, O. (1986). Syntectonic intraformational unconformities in alluvial fan deposits, Eastern Ebro Basin margins (NE Spain). *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.* 8, 259-271.
- ANADÓN, P.; VIANEY-LIAUD, M.; CABRERA, LL. y HARTENBERGER, J.L. (1987). Gisements à vertébrés du Paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie. *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.
- ARENAS, C. y PARDO, G. (1991). Significado de la ruptura entre las Unidades Tectosedimentarias N2 y N3 en el centro de la Cuenca del Ebro. *Geogaceta*, 9, pp. 67-70.

- AZANZA, B.; CANUDO, J.I. y CUENCA, G. (1988). Nuevos datos bioestratigráficos del Terciario continental de la Cuenca del Ebro (sector centro-occidental). *II Congreso Geológico de España*. Granada. Vol. 1, pp. 261-264.
- CLAVER, I., AGUILÓ, M., ARAMBURU, M. P., AYUSO, E., BLANCO, A., CALATAYUD, T., CEÑAL, M. A., CIFUENTES, P., ESCRIBANO, R., FRANCÉS, E., GLARIS, G., GONZÁLEZ, S., LACOMBA, E., MUÑOZ, C., ORTEGA, C., OTEROS, J., RAMOS, A. y SAIZ DE OMEÑACA, M.G. (1984). Guías para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. *Manuales CEOTMA*, nº 3, MOPU, 572 pp.
- 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. (1991 a). Nuevos datos bioestratigráficos del sector oriental de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del Grupo Español del Terciario. CONGET'91*. Vic. pp. 97-100.
- CUENCA, G. (1991 b). Nuevos datos bioestratigráficos del Mioceno del sector central de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del Grupo Español del Terciario. CONGET'91*. Vic. pp. 101-104.
- CUENCA, G.; CANUDO, J.I.; LAPLANA, C. y ANDRÉS, J.A. (1992). Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geol. Hisp.*, v 27 (1-2), pp. 127-143.
- ENADIMSA (1984). Investigación de lignitos en el área de Mequinenza (Zaragoza, Huesca, Lérida) (inédito).
- ENRESA (1989). Estudio de las formaciones favorables de la región del Ebro y Pirineo alóctono (E.R.A.) (inédito).
- HERNÁNDEZ A.; COSTA, J. M.; SOLA, J.; VAN DEN HURK, A. M.; RAMÍREZ, J. I.; SALAZAR, A.; NAVARRO, J. J.; ESNAOLA, J. M.; GIL, C. y MARQUÉS, L. A. (1991). Evolución genético-sedimentaria de la unidad de Zuera. (Mioceno inferior, Cuenca del Ebro). *Volumen de comunicaciones del I Congreso del Grupo Español del Terciario*. Vic. 1991. pp. 162-165.
- HIRST, J. P. P. y NICHOLS, G. J. (1986). Thrust tectonic controls on Miocene alluvial distribution patterns, southern Pyrenees. *Spec. Publs. Int. Ass. Sediment.*, 8, pp. 247-258.
- I.E.A.-D.P.H. (1989). Impacto hidrológico e hidroquímico de los futuros regadíos de Monegros II en los sectores pertenecientes a la provincia de Huesca. Inédito.

- IGME (1975). Estudio geológico y minero del área 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 (1978). Plan de Investigación de Aguas Subterráneas. Informe Técnico nº 6. Estudio Hidrogeológico del Sistema acuífero 62. Aluvial del Ebro y Afluentes.
- 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 (1983). Inventario de datos geotérmicos de España.
- IGME (1985). Prospección previa de lignitos en el área de Pinós-Molsosa (Lérida-Barcelona) (inédito).
- IGME (1986). Prospección previa de lignitos en el área de Bages-Moianes (Barcelona) (inédito).
- IGME (1987). Síntesis Geológico-Minera de los carbones del noreste peninsular (inédito).
- IRYDA (1989). Estudio geohidrológico de los sectores VIII, IX y XI de la zona regable de Monegros II (Zaragoza y Huesca). Inédito.
- J.E.N. (1977). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraniníferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- J.E.N. (1977). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraniníferas de la zona de Solsona-Olot (inédito).
- J.E.N. (1979-81). Estudio estratigráfico y sedimentológico del borde meridional de la Depresión del Ebro entre Alcañiz y Borges Blanques (Provincias de Teruel, Zaragoza, Lérida y Tarragona) (inédito).
- MEIN, P. (1975). Report on Activity. RCMNS Working group. Bratislava, pp. 78-81.
- M.O.P.U. (1966). Clasificación decimal de ríos. Cuenca del Ebro.
- M.O.P.U.-C.S.I.C. (1989). Evaluación preliminar del impacto ambiental de los regadíos en el Polígono Monegros II. Estudio hidrológico. Inédito.

- PÉREZ, A.; AZANZA, B.; CUENCA, G.; PARDO, G. Y VILLENA, J. (1985). Nuevos datos estratigráficos y paleontológicos sobre el Terciario del borde meridional de la Depresión del Ebro (provincia de Zaragoza). *Estudios geológicos*, 41, pp. 405-411.
- PÉREZ, A.; MUÑOZ, A.; PARDO, G.; VILLENA, J. Y ARENAS, C. (1988). Las unidades tectosedimentarias del Neógeno del borde ibérico de La Depresión del Ebro (sector central). In: a. Perez, A. Muñoz y J.A. Sanchez (eds.). Sistemas lacustres neógenos del margen ibérico de la Cuenca del Ebro. *Guía Campo. III Reunión Grupo Español de Trabajo*. PICG 219: 7-20.
- PUEYO MUR, J. J. (1978-79). La precipitación evaporítica actual en las lagunas saladas del área: Bujaraloz, Sástago, Caspe, Alcañiz y Calanda (provincias de Zaragoza y Teruel). *Revista del Inst. de Inv. Geológicas*, Barcelona, vol. 33, pp. 5-56.
- PUEYO MUR, J. J. (1980). La sedimentación evaporítica actual en las lagunas de la zona de Bujaraloz-Alcañiz (provincias de Zaragoza y Teruel). *IX Congr. Nac. Sedim. Salamanca*, pp. 299-316.
- PUIGDEFÀBREGAS, C.; MUÑOZ, J. A. Y MARZO, M. (1986). Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequence in the southern foreland basins. *Spec. 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. (1969). *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros*. Tesis Doctoral. Univ. de Granada. Publicado en 1978 por: *Institución "Fernando El Católico"* (CSIC). Diputación Provincial de Zaragoza, 200 p.
- RIBA, O. (1955). El Terciario continental de la Rioja alta y de la Bureba. Informe nº 97, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1961). Geological Report on the Continental Tertiary of the Western Ebro Basin and Neighbouring Basins. Report CV-131, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O., REGUANT, S. Y VILLENA, J. (1983). Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca del Ebro. *Libro Jubilar J.Mº Ríos. Geología de España*, IGME, T. 2, pp. 131-159.
- 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.